

平板反射鏡および1日1回の方位角切替による 傾斜ウィック型太陽熱蒸留器の性能向上

Improvement of a tilted-wick solar still by using a flat plate reflector and changing its azimuth angle once a day

田中 大 *¹
Hiroshi TANAKA

中武 靖仁 *²
Yasuhito NAKATAKE

Abstract

This paper presents a numerical analysis to investigate the effect of a flat plate reflector and azimuth angle changing on the distillate productivity of a tilted-wick solar still. The numerical analysis includes the mathematical model to calculate the solar radiation absorbed on the wick and also heat and mass transfer in the still. We found that the daily productivity of the still can be increased about 40% by using the flat plate reflector and azimuth angle changing once a day compared with a conventional fixed tilted-wick still.

キーワード：太陽熱蒸留器、傾斜ウィック、平板反射鏡、方位角切替

Key Words: Solar still, Tilted-wick, Flat plate reflector, Azimuth angle changing

1. 緒言

発展途上国においては、非衛生的な水の摂取が原因となる健康被害が深刻な問題であり、その解決は緊急の課題である。太陽熱によって海水（あるいは汚水等）を蒸発させ、発生した水蒸気を凝縮させることによって淡水を得る太陽熱蒸留器は、構造が比較的単純であり、かつ、地域的な偏在の少ない太陽エネルギーのみを用いる造水手段であり、古くから研究が行われてきた。

太陽熱蒸留器は、蒸留器内部で蒸発・凝縮の過程を1回だけ行う単効用型と、複数回繰り返し行う多重効用型に大別できる。単効用型は、多重効用型と比較して造水性能が数分の1と低いが、その構造は単純である。代表的な単効用型蒸留器は、図1に示す(a) Basin型蒸留器と(b) 傾斜ウィック型蒸留器である。Basin型蒸留器は、海水の入った水盤およびカバーガラスから成り、傾斜ウィック型蒸留器は、水盤の代わりに保水性の高い布（ウィック）を用いる。両者ともに、海水が太陽熱により加熱・蒸発し、発生した水蒸気がカバーガラス下面で凝縮することにより蒸留水を得る構造をしている。傾斜ウィック型蒸留器には、蒸発用ウィックに一定量の海水を連続的に供給するための、付加的な装置が必要になるという欠点がある。しかし、Basin型蒸留器の場合、

太陽光吸収面（水盤）が水平に限定されるのに対し、傾斜ウィック型蒸留器の場合は、蒸留器が設置される場所および季節に合わせて太陽光吸収面（蒸発用ウィック）の角度を変化させ、日射吸収量を増加させることができるという長所がある。

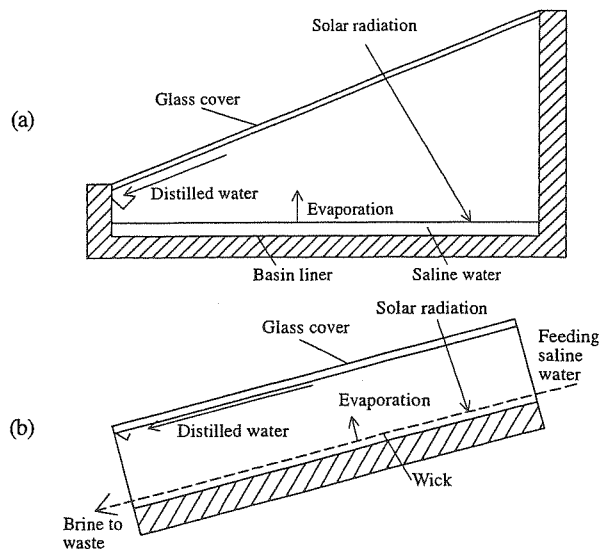


Fig. 1 Schematic diagram of (a) a basin type and (b) a tilted-wick type solar stills

傾斜ウィック型蒸留器は、構造が単純であり、技術水準の低い小規模集落などに適した蒸留器であると考えられるが、その

*1 久留米工業高等専門学校機械工学科 講師
*2 久留米工業高等専門学校機械工学科 助教授
(〒830-8555 久留米市小森野1-1-1)
e-mail: tanakad@kurume-nct.ac.jp
(原稿受付: 2006年8月4日)

蒸留性能が多重効用型蒸留器と比較して低いことが欠点の一つであるため、簡便な改良による蒸留性能の向上が課題であり、これまでに多くの研究がなされてきた。田中ら⁹⁾およびYehら²⁾は、蒸留器の蒸留性能に影響をおよぼす要因、すなわち、日射量、周囲空気温度、風速、断熱材の厚さ、蒸留器の傾斜角および海水供給量などについて詳細な検討を行っている。Shuklaら³⁾は、片屋根式および両屋根式の傾斜ウィック型蒸留器を用いて屋外実験を行い、片屋根式は冬季において、両屋根式は夏季において日射光の反射損失が減少するため、蒸留性能が高くなると報告している。Tiwariら⁴⁾は、二つの凝縮面を有する二重凝縮面蒸留器を考案している。彼らの蒸留器は、蒸発用ウィックの下方に狭い空気層を介してタン板を設けた構造をしている。水蒸気は、カバーガラス下面に加えて下方のタン板上面でも凝縮することができるため、従来の傾斜ウィック型蒸留器よりも約20%蒸留性能が向上したと報告している。

一方、傾斜面上の日射量を増加させるための太陽追尾方式の研究が古くからなされているが、Baltasら⁵⁾および田中ら⁶⁾は、システムが複雑となる完全追尾システムの代わりに、1日1回だけ傾斜面の向き(方位角)を切替える簡易追尾システムの研究を行っており、1日1回の方位角切替によって傾斜面上の1日の総日射量は大きく増加し、完全追尾システムの場合の傾斜面上日射量と比較しても95%程度となり、1日1回の方位角切替の効果が非常に大きいことを指摘している。

著者らは近年、平板反射鏡を用いた鉛直平行平板構造の多重効用型蒸留器を考案し、その蒸留性能を理論解析⁷⁾および屋外実験⁸⁾によって詳細に検証してきた。その結果、鉛直蒸留器の場合、平板反射鏡を用い、かつ、蒸留器の方位角を1日1回切替えることにより、蒸留量が著しく増加することを明らかにした。

さらに著者らは、単効用型蒸留器であるBasin型蒸留器を南向きに固定した場合について、平板反射鏡を用いることにより、蒸留量が年間平均26%増加することを数値シミュレーション計算により明らかにした¹⁰⁾。

傾斜ウィック型蒸留器においても、平板反射鏡を用い、かつ、その方位角を1日1回切替えることにより、蒸留性能が大幅に増加することが予測されるが、南向きに固定した蒸留器に平板反射鏡を用いた場合の屋外実験結果が数例報告されているだけであり¹¹⁾、詳細な検討はなされていない。平板反射鏡は比較的安価であり、さらに1日1回だけの蒸留器の方位角切替は、自動追尾システムを用いることなく手で容易に実現できるため、傾斜ウィック型蒸留器を小規模集落などにおいて使用する場合には蒸留性能の向上に有効な改良手段になりうると考えられる。

そこで本研究では、数値シミュレーション計算によって、傾斜ウィック型蒸留器の方位角を1日1回だけ切替える場合の、北緯30°における季節毎の蒸留器の最適傾斜角および最適方位角を算出するとともに、最適運転条件下における蒸留量と蒸留器を1年中固定した場合の蒸留量を比較・検討することを目的とする。

2. 平板反射鏡を用いた傾斜ウィック型蒸留器の日射吸収量

本蒸留器の概略を図2に示す。本蒸留器は、カバーガラス、蒸発用ウィックおよび鉛直に設置された平板反射鏡から構成される。直達光、散乱光および反射鏡からの反射光がカバーガラスを透過してウィックで吸収され、この太陽熱により海水が加熱・蒸発し、カバーガラスで凝縮することにより淡水として回収される。

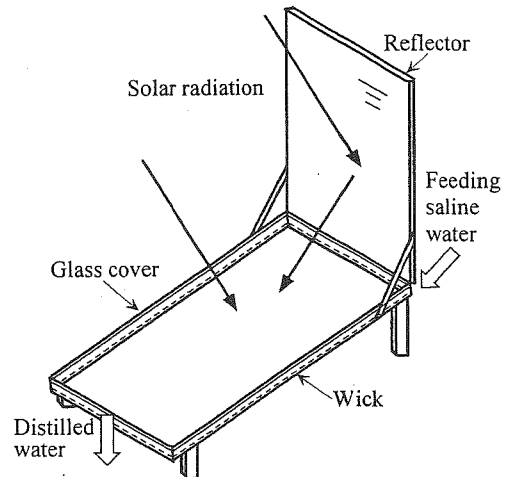


Fig. 2 Schematic diagram of a tilted-wick still with a vertical flat plate external reflector

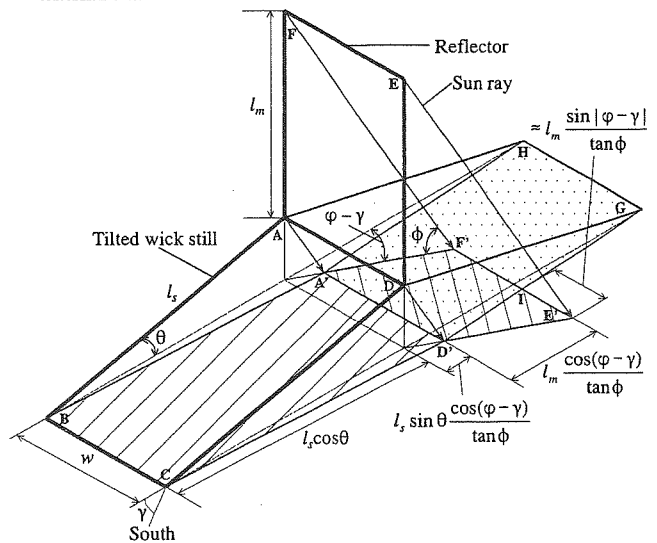


Fig. 3 Shadows of the still and reflector on a horizontal surface

直達日射によって生じる蒸留器および反射鏡の水平面上への影の様子を図3に示す。なお、蒸留器の長さ(10mm)は、蒸留器の長さおよび幅(1m)に比べて十分に小さく、側壁の影響は無視でき、カバーガラスと蒸発用ウィックの水平面上への投影は一致すると仮定した。 l_s および l_m はそれぞれ、蒸留器および反射鏡の長さであり、 w は蒸留器および反射鏡の幅である。 θ および γ は蒸留器の傾斜角および方位角であり、 ϕ および φ は太陽高度および太陽の方位角である。ウィックにおける直達日射吸収量 Q_{solar} は、水平面直達日射量 G_d 、水平面への蒸留器の投影面積($A'BCD'$)、カバーガラスの透過率 $\tau_g(\beta)$ およびウィックの日射吸収率 α_w の積で

求めることができ、次式で表される。

$$Q_{sun,dr} = G_{dr} \tau_g(\beta) \alpha_w \times w l_s (\cos \theta + \sin \theta \cos(\varphi - \gamma) / \tan \phi) \quad (1)$$

ここで、 β は直達日射光のカバーガラスに対する入射角である。

反射鏡(ADEF)の水平面への投影はA'D'E'F'であり、面ADGHは蒸留器の反射鏡に対する鏡像面である。ウィックにおける反射鏡からの反射日射吸収量 $Q_{sun,re}$ は、この鏡像面および反射鏡の水平面への投影の重なった部分すなわちA'D'F'の面積、水平面直達日射量、反射鏡の反射率 ρ_m 、カバーガラスの透過率およびウィックの吸収率の積で与えられ、次式で表される。

$$Q_{sun,re} = G_{dr} \tau_g(\beta) \rho_m \alpha_w \times l_m \frac{\cos(\varphi - \gamma)}{\tan \phi} \left(w - \frac{1}{2} l_m \frac{\sin |\varphi - \gamma|}{\tan \phi} \right) \quad (2)$$

式(1)および(2)中の直達および反射日射光のカバーガラスに対する入射角 β は、それぞれ以下の式で表すことができる¹³⁾。

$$\text{式(1): } \cos \beta = \sin \phi \cos \theta + \cos \phi \sin \theta \cos(\varphi - \gamma) \quad (3)$$

$$\text{式(2): } \cos \beta = \sin \phi \cos \theta - \cos \phi \sin \theta \cos(\varphi - \gamma) \quad (4)$$

散乱日射光が天空の全ての角度において一様な強度を持つと仮定すると、ウィックにおける散乱日射吸収量 $Q_{sun,df}$ は以下の式で表される。

$$Q_{sun,df} = G_{df} (\tau_g)_{df} \alpha_w \times w l_s \quad (5)$$

$$(\tau_g)_{df} = -2.03 \times 10^{-5} \theta^2 - 2.05 \times 10^{-3} \theta + 0.667, \theta [^\circ] \quad (6)$$

ここで、 G_{df} は水平面散乱日射量であり、 $(\tau_g)_{df}$ は天空の全ての角度からの散乱日射に対するカバーガラスの透過率を計算することにより求めた。なお、反射鏡で反射された散乱光の一部は、蒸発用ウィックに吸収されると考えられるが、全日射量に占める散乱日射量の割合は小さく、さらに、反射された散乱日射の蒸発用ウィックにおける吸収量は非常に小さくなるため、本数値シミュレーション計算においては反射鏡による散乱光の反射の影響は無視できると仮定した。

3. 蒸留器内の熱・物質移動

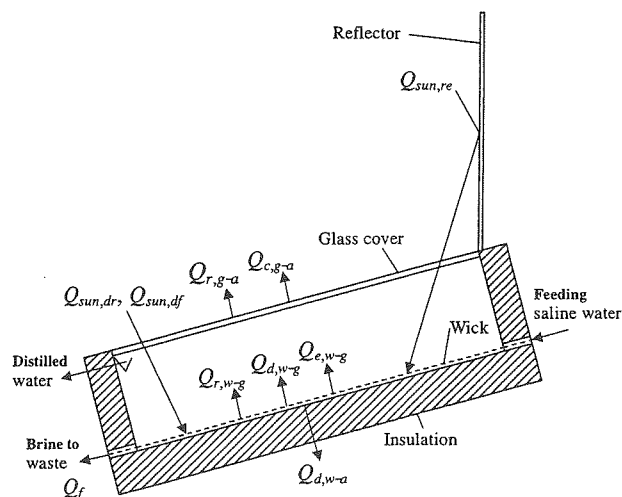


Fig. 4 Heat and mass transfer in the still

蒸留器内の熱・物質移動の様子を図4に示す。本数値シミュレーション計算における主な仮定は以下の通りである。

(1) 蒸発用ウィックとカバーガラスの間隔は十分狭く (10mm)、対流は生じず、かつ、側壁の影響は無視できる。

(2) ウィックへの供給水温度は周囲空気温度に等しい。

ウィック(w)で吸収された太陽熱($Q_{sun,w}$)の一部は、底部の断熱材を通過して周囲空気(a)へ放出される($Q_{d,w-a}$)とともに、ウィックに供給された海水を加熱するための顕熱(Q)として利用され、残りの熱が放射(Q_r)、伝導(Q_d)および蒸発・凝縮(Q_e)によってカバーガラス(g)へ移動する。カバーガラスは太陽光の一部を吸収し($Q_{sun,g}$)、カバーガラスと周囲空気との間に放射および対流(Q_c)による熱移動が生じる。したがって、ウィックおよびカバーガラスに関する熱収支は以下の式で表すことができる。

$$Q_{sun,w} = Q_{d,w-a} + Q_f + (Q_r + Q_d + Q_e)_{w-g} + (mc_p)_w dT_w / dt \quad (7)$$

$$Q_{sun,g} + (Q_r + Q_d + Q_e)_{w-g} = (Q_r + Q_c)_{g-a} + (mc_p)_g dT_g / dt \quad (8)$$

なお、本計算においては熱容量の影響も考慮しており、 mc_p は熱容量、 T は温度、 t は時間である。式(7)および(8)中の $Q_{sun,w}$ および $Q_{sun,g}$ は、以下の式で与えられる。

$$Q_{sun,w} = Q_{sun,dr} + Q_{sun,re} + Q_{sun,df} \quad (9)$$

$$Q_{sun,g} = \frac{\alpha_g}{\alpha_w} \left\{ (Q_{sun,dr} + Q_{sun,re}) / \tau_g(\beta) + Q_{sun,df} / (\tau_g)_{df} \right\} \quad (10)$$

ただし、反射鏡を用いない場合は、式(9)および(10)中の $Q_{sun,re}$ は0となる。なお、式(7)および(8)中の熱移動量の詳細は既報¹²⁾に記述されている。

ウィックに供給された海水は、ウィックに流入後、始めの短い区間において加熱されて温度が上昇し、その後は温度をほぼ一定に保ってウィックを流下する。したがって、ウィック温度は、はじめの短い区間を除けばほぼ一様な温度であると考えられるため、供給された海水を加熱するための熱量 Q_f は次の式で表すことができる。

$$Q_f = m_f c_{p,bm} (T_w - T_f) \quad (11)$$

ここで、 m_f はウィックへの海水供給量、 $c_{p,bm}$ は海水の比熱、 T_w および T_f はウィックおよび供給海水の温度である。

カバーガラスからは、周囲空気と温度の等しい周囲壁への放射が生じ、その際の形態係数がカバーガラスの放射率 ϵ_g に等しいと仮定して、 $Q_{r,g-a}$ は次式で表すことができる。

$$Q_{r,g-a} = w l_s \sigma \epsilon_g (T_g^4 - T_a^4) \quad (12)$$

初期条件として、日の出前のカバーガラスおよび蒸発用ウィックの温度に周囲空気温度を与え、式(1)から式(11)および関連する式を解くことにより、ウィックにおける日射吸収量、ウィックおよびカバーガラスの温度および蒸留量を求めた。本数値シミュレーション計算における蒸留器の寸法、操作および気象条件を表1に示す。

表1 計算条件

$w = l_s = 1\text{m}, l_m = 0.5\text{m}, \alpha_w = 0.9, \rho_m = 0.85$ $\tau_g(\beta) = 0.719\cos^4\beta - 0.320\cos^3\beta - 2.163\cos^2\beta + 2.642\cos\beta^{12}$ (13) ・ウィックとカバーガラスの間隔: 10mm ・ $T_a = 25, 33, 30, 20^\circ\text{C}$ (春分、夏至、秋分、冬至) ・ G_{dr}, G_{di} : 北緯 30° および太陽定数 1370W/m^2 を用いて、それぞれBouguerおよびBerlageの式より算出 ¹³⁾ ・ウィックへの海水供給量: ウィックの日射吸収量が南中時の水平面全日射量に等しいと仮定した場合の定常状態におけるウィックからの蒸発量の2倍

4. 結果および考察

反射鏡を用いた蒸留器 (以後、反射鏡付蒸留器と呼ぶ) を傾斜角 $\theta=30^\circ$ で固定し、太陽の南中時に方位角を切替えた場合、春分の日における水平面全日射量(Global)および蒸留器からの蒸留量の経時変化を図5に示す。ここで、蒸留器の方位角 γ は、真南を0として時計回りを正とした値であり、例えば $\gamma=90^\circ$ は午前が -90° (真東)、午後 (太陽の南中以降) が 90° (真西) であり、 $\gamma=0^\circ$ は南向き固定である。なお、反射鏡を用いない蒸留器 (以後、反射鏡無蒸留器と呼ぶ) を南向き固定($\gamma=0^\circ$)とした場合の蒸留量の経時変化もあわせて示す。南向きに固定した場合、反射鏡を用いることにより蒸留量は増加する。方位角を太陽の南中時に切替えることにより、蒸留量は午前および午後それぞれピーク値を取り、かつ、方位角 γ の絶対値 $|\gamma|$ が大きい、すなわち方位角の真南からのずれが大きいほど午前および午後のピークの時間差は増加する。蒸留器の方位角を切替えた場合、南向き固定と比較して正午頃の蒸留量は減少するものの、午前および午後に蒸留量がピーク値を取る時間帯における蒸留量は増加するため、1日の総蒸留量は増加し、例えば $\gamma=45^\circ$ (午前は南東、午後は南西) の場合の蒸留量($7.92\text{kg/m}^2\text{day}$)は、南向き固定の蒸留量($6.48\text{kg/m}^2\text{day}$)より約22%増加する。

なお、本計算および後述する本論文における全ての計算において、ウィックとカバーガラス間のRa数と $\cos\theta$ の積、すなわち $Ra \cdot \cos\theta$ は、臨界Ra数(1708^{14})以下であったため、ウィックとカバーガラス間に対流が生じないとの仮定が妥当であると考えられる。

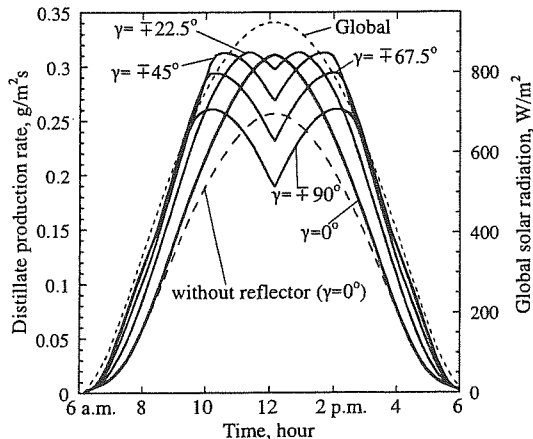


Fig. 5 Hourly variation of the global solar radiation on a horizontal surface and the distillate production rate of the still at $\theta = 30^\circ$ with various azimuth angle of the still on a spring equinox day

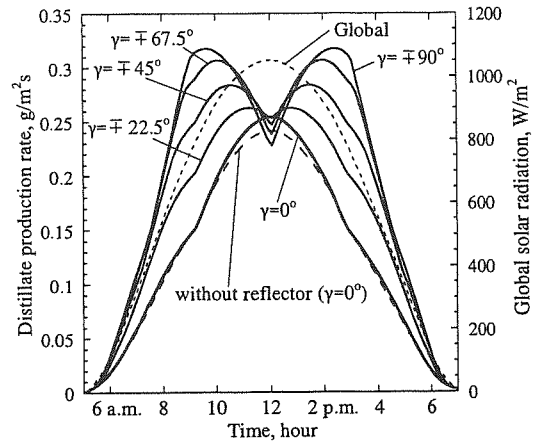


Fig. 6 Hourly variation of the global solar radiation on a horizontal surface and the distillate production rate of the still at $\theta = 30^\circ$ with various azimuth angle of the still on a summer solstice day

夏至において、図5と同様の計算を行った場合の結果を図6に示す。南向き固定の場合、反射鏡を用いても蒸留量はほとんど変化せず、1日の総蒸留量も約3%増加するだけである。これは、夏至においては太陽高度が高く、鉛直に設置した反射鏡では太陽光を効率良く蒸発用ウィックに反射できないためである。夏至においても、方位角を切替えることにより蒸留量は増加するが、方位角の真南からのずれが大きいほど蒸留量は増加し、 $\gamma=90^\circ$ (午前は真東、午後は真西) とすることにより1日の総蒸留量は $9.85\text{kg/m}^2\text{day}$ となり、南向き固定($6.48\text{kg/m}^2\text{day}$)と比較して約52%増加する。

冬至において、蒸留器の傾斜角 θ を 30° および 60° として、図5と同様の計算を行った場合の結果を図7(a)および(b)に示す。冬至においては太陽高度が低いいため、蒸留器の傾斜角 $\theta=30^\circ$ の場合(図7(a))は、いずれの方位角においても蒸発用ウィックが吸収できる太陽エネルギーは少ない。このため、方位角の切替えによる蒸留量の増加は、春分および夏至と比較して非常に小さい。一方、傾斜角 $\theta=60^\circ$ (図7(b))の場合は、方位角を切替えることにより、正午頃の蒸留量は減少するものの、それ以外の時間帯においては南向き固定の蒸留器よりも蒸留量が増加するため、方位角切替の効果は大きくなる。なお、傾斜角 $\theta=60^\circ$ においては、南向き固定($\gamma=0^\circ$)の場合、反射鏡付および反射鏡無蒸留器の蒸留量は完全に一致し、反射鏡による蒸留量の増加はなくなる。これは、冬至においては太陽高度が低くなるため、鉛直に設置した反射鏡からの反射光と水平面の成す角度が小さくなり、その結果、蒸留器の傾斜角が大きい場合には、全ての反射光が蒸発用ウィックに入射することなく地面へと逃げてしまうためである。

春分、夏至および冬至の日における、蒸留器の傾斜角 θ および蒸留器の方位角 γ を変化させた場合の、反射鏡付および反射鏡無蒸留器から得られる1日の蒸留量の変化を図8(a)および(b)に示す。なお、秋分の日においては、太陽の軌道が春分の日とほぼ同じであるため、春分の日と同様の結果となる。表2に示すように、1日の蒸留量を最大にする傾斜角 θ および方位角 γ は、季節によって大きく異なり、また、反射鏡の有無によっても若干異なる。蒸留量を最大にする蒸留器の方位角 γ は、夏至の $\pm 90^\circ$ から冬至

の $\mp 22.5^\circ$ まで変化するが、これは、夏から冬にかけて太陽の軌道が北側から南向きに移動するためである。春分および夏至においては、蒸留量を最大にする蒸留器の傾斜角は、反射鏡付蒸留器の方が反射鏡無蒸留器よりも若干小さいが、これは、傾斜角 θ が小さいほど反射鏡からの反射光をより多く蒸発用ウィックで吸収できるからである。この結果より、反射鏡付蒸留器の方位角を1日1回切替えて運転する場合には、冬至を除けば傾斜角 $\theta=30^\circ$ に固定すれば蒸留量が最大となることが分かる。

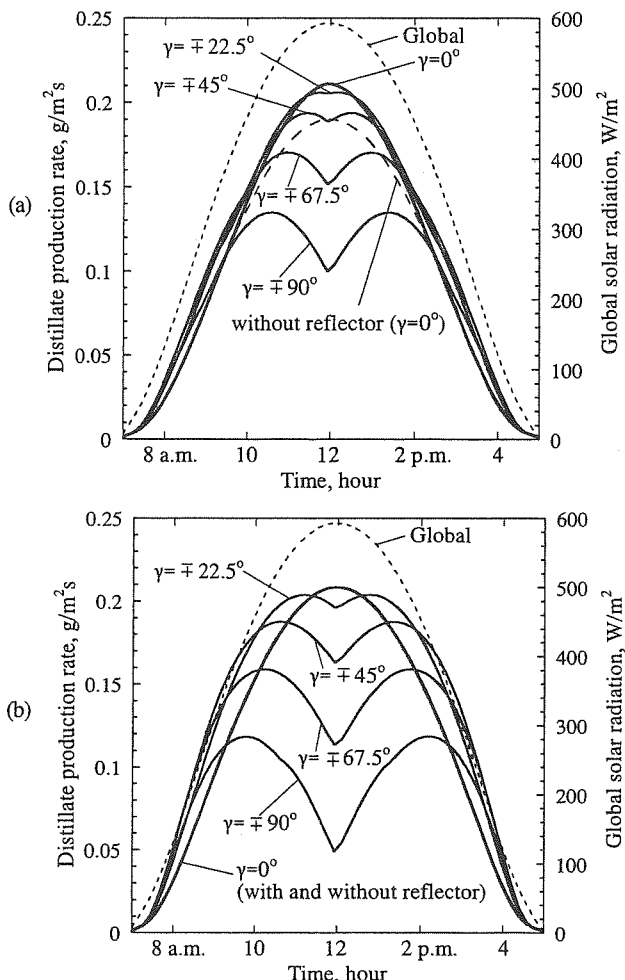


Fig. 7 Hourly variation of the global solar radiation on a horizontal surface and the distillate production rate of the still at (a) $\theta = 30^\circ$ and (b) $\theta = 60^\circ$ with various azimuth angle of the still on a winter solstice day

春分、夏至、秋分および冬至の日において、反射鏡無および反射鏡付蒸留器を、傾斜角 $\theta=30^\circ$ および南向き固定($\gamma=0^\circ$)とした場合、および表2に示す最適条件で運転した場合の、1日に得られる蒸留量を表3に示す。表3中には、反射鏡無蒸留器(傾斜角 $\theta=30^\circ$ 、南向き固定 $\gamma=0^\circ$)と比較した増加割合をあわせて示す。蒸留器の傾斜角 θ の季節毎の切替、1日1回の方位角切替および反射鏡の利用により蒸留量は増加し、反射鏡付蒸留器を最適条件で運転する場合には、反射鏡無蒸留器($\theta=30^\circ$ 、 $\gamma=0^\circ$)と比較して、年間平均で43%蒸留量が増加する。しかし、傾斜角および方位角切替と反射鏡の効果をそれぞれ単独で見た場合、傾斜角および方位角切替は年間を通して有効であり、反射鏡無蒸留器を最適条件で運転する場合の増加割合が年間平均29%であるのに対し、反射鏡付蒸留器を1年中固定($\theta=30^\circ$ 、 $\gamma=0^\circ$)

して運転する場合、反射鏡の効果は夏至および冬至においては数%程度と低く、年間平均の増加割合も10%にとどまる。これは、夏至においては太陽高度が高く、反射鏡からの反射光が著しく減少するためであり、一方、冬至においては太陽高度が低いために、鉛直に設置した反射鏡からの反射光の大部分が、蒸発用ウィックに入射することなく地面へと逃げてしまうためである。しかし、反射鏡の利用、傾斜角の季節毎の切替および1日1回の方位角切替は、比較的簡便な改良にもかかわらず蒸留量が年間平均約40%増加することが見込まれるため、技術水準の低い小規模な集落等で傾斜ウィック型太陽熱蒸留器を利用する場合には、非常に有効な改良手段になりうると考えられる。

今後は、本研究で明らかにした最適運転条件下における蒸留器の蒸留性能を、屋外実験によって実際に検証していく予定である。

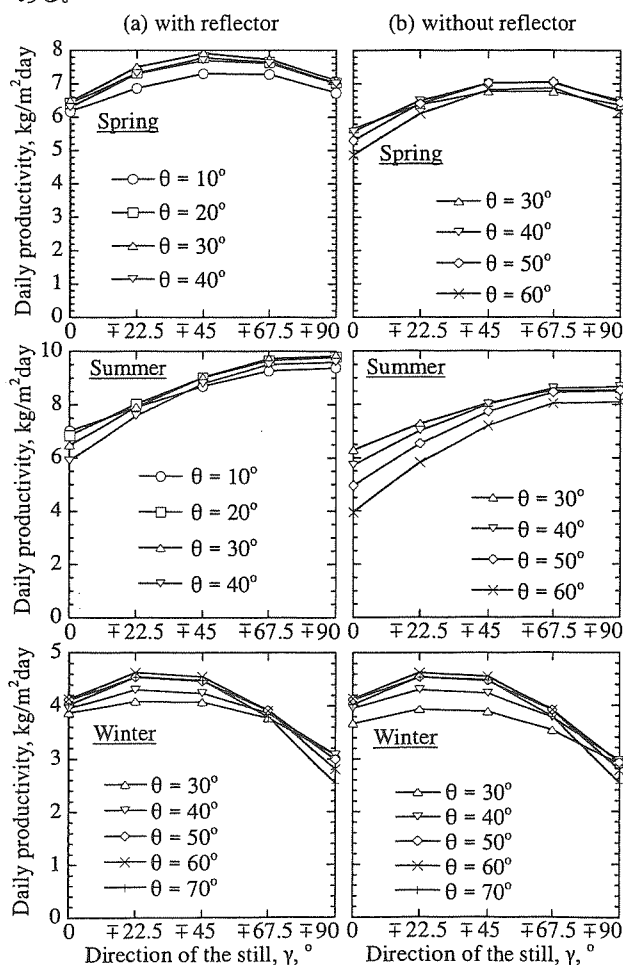


Fig. 8 The daily productivity of the still (a) with and (b) without the reflector on spring equinox and summer and winter solstice days at 30°N latitude varying with the angle of the still θ and the orientation of the still γ

表2 1日の蒸留量を最大にする傾斜角および方位角

	春分		夏至		秋分		冬至	
	$\theta, ^\circ$	$\gamma, ^\circ$	$\theta, ^\circ$	$\gamma, ^\circ$	$\theta, ^\circ$	$\gamma, ^\circ$	$\theta, ^\circ$	$\gamma, ^\circ$
反射鏡付蒸留器	30	∓ 45	30	∓ 90	30	∓ 45	60	∓ 22.5
反射鏡無蒸留器	50	∓ 67.5	40	∓ 90	50	∓ 67.5	60	∓ 22.5

表3 各季節における1日の蒸留量

		春分	夏至	秋分	冬至	平均
水平面全日射量, MJ/m ² day		23.3	30.3	23.5	12.6	22.4
反射鏡無 蒸留器の 蒸留量*	$\theta=30^\circ, \gamma=0^\circ$	5.66	6.28	5.83	3.67	5.36
	最適条件 (増加割合%)	7.07 (25)	8.68 (38)	7.29 (25)	4.63 (26)	6.92 (29)
反射鏡付 蒸留器の 蒸留量*	$\theta=30^\circ, \gamma=0^\circ$	6.48	6.48	6.63	3.87	5.87
	最適条件 (増加割合%)	7.92 (40)	9.85 (57)	8.16 (40)	4.63 (26)	7.64 (43)

*: 蒸留量の単位はkg/m²day

5. 結言

平板反射鏡および1日1回の蒸留器の方位角切替による、傾斜ウィック型太陽熱蒸留器の蒸留性能向上を数値シミュレーション計算により予測した。本研究の結果は以下の様に要約できる。

1. 傾斜ウィック型蒸留器に平板反射鏡を用いる場合および用いない場合について、1日1回の方位角切替を行う場合の、北緯30°における季節毎の蒸留器の最適な傾斜角および方位角を明らかにした。
2. 季節毎の傾斜角の切替、1日1回の方位角の切替および反射鏡の利用によって蒸留量は増加するが、反射鏡の効果よりも傾斜角および方位角切替の効果の方が大きい。
3. 反射鏡を用いず、傾斜角30°かつ方位角を南向き固定とした蒸留器と比較した場合、反射鏡を用い、傾斜角および方位角を適切に設定して1日1回蒸留器の方位角を切替えることにより、蒸留量は年間平均約40%増加する。

記号表

$c_{p,br}$: 海水の比熱, kJ/kgK	G: 水平面日射量, W/m ²
l_m : 蒸留器の長さ, m	l_r : 反射鏡の長さ, m
mc_p : 熱容量, kJ/kg	m_f : 海水供給量, kg/s
Q_c : 対流熱移動量, W	Q_d : 伝導熱移動量, W
Q_e : 物質移動熱移動量, W	Q_f : 顕熱エンタルピ, W
Q_r : 放射熱移動量, W	Q_{sun} : 日射吸収量, W
T: 温度, K	t: 時間, s
w: 幅, m	α : 吸収率
β : 入射角	ϵ_g : カバーガラスの放射率
ϕ : 太陽高度	γ : 蒸留器の方位角
φ : 太陽の方位角	θ : カバーガラスの角度
ρ_m : 反射鏡の反射率	σ : ボルツマン定数, W/m ² K ⁴
τ_g : カバーガラスの透過率	

添字

a: 周囲空気	df: 散乱日射
dr: 直達日射	f: 供給海水
g: カバーガラス	re: 反射日射

w: ウィック

参考文献

- 1) 田中耕太郎・渡部康一、傾斜ウィック型太陽熱蒸留器とその性能、太陽エネルギー、9-5(1983), 38.
- 2) H. M. Yeh and L. C. Chen, The effect of climatic, design and operational parameters on the performance of wick-type solar distillers, *Energy Convers. Mgmt*, 26-2 (1986), 175.
- 3) S. K. Shukla and V. P. S. Sorayan, Thermal modeling of solar stills: an experimental validation, *Renewable Energy*, 30 (2005), 683.
- 4) G. N. Tiwari, S. B. Sharma and M. S. Sodha, Performance of a double condensing multiple wick solar still, *Energy Convers. Mgmt*, 24-2 (1984), 155.
- 5) P. Baltas, M. Tortoreli and P. E. Russell, Evaluation of power output for fixed and step tracking photovoltaic arrays, *Solar Energy*, 37-2 (1986), 147.
- 6) 田中芳夫・藤本憲市、正午に1回の方位角切替による太陽光発電電力の増加、太陽エネルギー、29-6 (2003), 63.
- 7) H. Tanaka and Y. Nakatake, A simple and high productive solar still: a vertical multiple-effect diffusion-type solar still coupled with a flat-plate mirror, *Desalination*, 173 (2005), 287.
- 8) H. Tanaka and Y. Nakatake, Factors influencing the productivity of a multiple-effect diffusion-type solar still coupled with a flat plate reflector, *Desalination*, 186 (2005), 299.
- 9) 田中大・中武靖仁、平板反射鏡を用いた鉛直太陽熱蒸留器の屋外実験、太陽エネルギー、32-2 (2006), 45.
- 10) H. Tanaka and Y. Nakatake, Theoretical analysis of a basin type solar still with internal and external reflectors, *Desalination*, 197 (2006), 205.
- 11) 津村健児・山下正幸・渡辺裕人・稲葉秀達、太陽直射多重効用蒸留装置における集熱面温度と蒸留水収量の関係、日本海水学会誌、39-3(1985), 129.
- 12) 田中大・中武靖仁、平板反射鏡と組み合わせた多重効用型太陽熱蒸留器の提案、太陽エネルギー、30-4(2004), 72.
- 13) 太陽エネルギー利用ハンドブック編集委員会、太陽エネルギー利用ハンドブック(1985), p20, p33, 温故堂印刷株式会社、東京
- 14) K. G. T. Hollands, T. E. Unny, G. D. Raithby and L. Konicek, Free convective heat transfer across inclined air layers, *Trans. ASME J. Heat transfer*, 98(1976), 189