

太陽熱淡水化装置のフレームカバー形状が造水性能に及ぼす影響

前田工織株式会社	正会員	○大野晃裕
福井大学	正会員	寺崎寛章
福井大学大学院	学生会員	加藤隼也
福井大学大学院	学生会員	古市健二
愛知医科大学	非会員	梅村朋弘
広島工業大学	正会員	福原輝幸
福井大学	非会員	長谷川美香
福井大学	非会員	日下幸則

1. はじめに

近年、バングラデシュ人民共和国(以下、バングラデシュ)では飲用水不足や水質汚染などの水に関する環境問題が深刻化している。特に、地下水のヒ素汚染や沿岸部における海水浸入に伴う地下水の塩性化は住民の生活を脅かしている¹⁾。同国の中核都市以上は上下水道の整備が行われているが、遠隔地域の多くは未整備のままで、乾季には水不足に陥り、現在でもため池の水(生活用水)や雨水の飲用を余儀なくされている。筆者らはこれらの状況を鑑み、太陽エネルギーのみを利用して飲料水を造る淡水化装置の研究・開発を行っており、今までに円筒型および三角型太陽熱淡水化装置(TSS および TrSS(図-1を参照)と呼称)の造水性能を調べている²⁾。今後、バングラデシュにおける淡水化装置を導入するためには、淡水化装置の安全性や造水特性、製作時間などを考慮した上で設計および製作を行うことが望ましい。

そこで本研究では、バングラデシュ沿岸部の僻地を対象に飲み水の確保を目的として、野外造水実験からTrSSおよびTSSの造水性能を比較したので、その結果の一部を報告する。

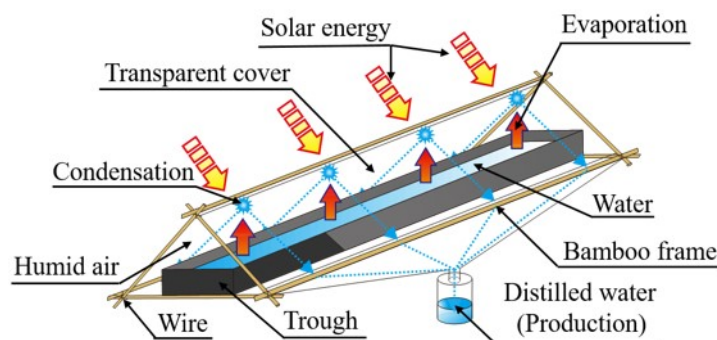


図-1 三角型太陽熱淡水化装置(TrSS)の基本デザイン

2. 太陽熱淡水化装置概要

本研究で提案する TrSS および TSS は、資材調達、組立ておよび維持管理を現地で行うことを前提とし、低価格で簡易な構造を基本コンセプトとしている。両装置は、形状を維持するための竹材フレーム、凝縮面となるフレームカバー(以下、カバーと呼称)、原水を入れるトラフおよびトラフラップ、凝縮された水を集める集水器から構成されている。使用する資材はいずれも現地で調達可能なものとし、トラフラップおよびカバーは現地で入手したフィルムを使用した。また、トラフは効率よく集熱させるため、ベニヤ材を黒く塗装し、さらに水による腐食を防ぐために上記のフィルムで密閉した。

両装置(図-2を参照)の造水メカニズムは、太陽エネルギーによってトラフおよび原水が温められ、トラフ水面と装置内の湿り空気の水蒸気密度差を駆動力として蒸発が生じる。その後、装置内部の水蒸気量がカバー内側表面の飽和水蒸気量を超えたときに時にカバー内側表面で凝縮が生じ、水滴が付着する。この水滴がカバー内側表面を滑り落ち、下部に設置した集水器に水が集まる単純な構造であり、両装置

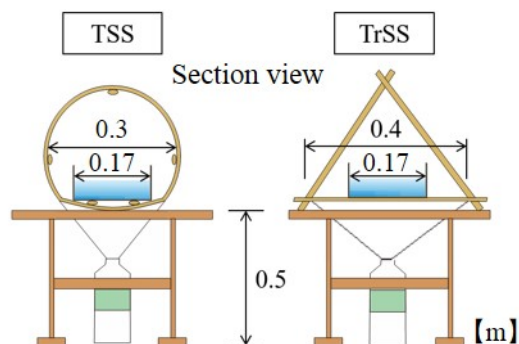


図-2 TSS および TrSS の断面

キーワード：バングラデシュ、太陽熱淡水化、TrSS、TSS、野外造水実験

連絡先：〒980-0803 宮城県仙台市青葉区国分町 1-6-9 6F 前田工織株式会社仙台支店 TEL 022-726-6670

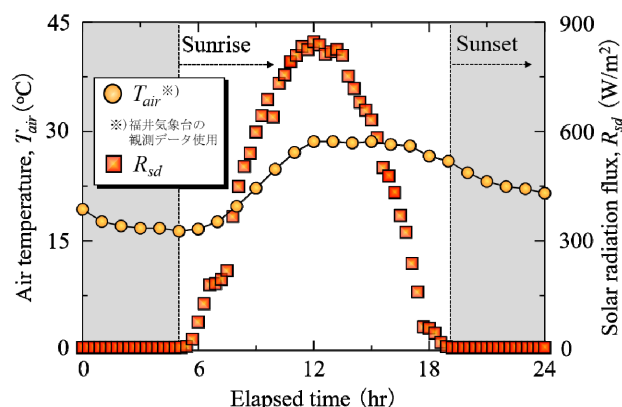


図-3 気温および日射量の経時変化

の造水メカニズムに違いはない。一方、組み立てに関して、フレームがカバーの外側にある TrSS 一基当たりの組立時間は約 10 分であるのに対して、フレームがカバーの内側にある TSS はフレームを円形に加工・維持する必要がある、構造が複雑で、TrSS の約 3 倍の 30 分を要した。

3. 野外造水実験概要

太陽熱淡水化装置による造水実験は、2018 年 8 月 18 日の晴天日に福井大学の屋上にて行われた。両装置を製作後、トラフ内に淡水(7.0 kg)を注ぎ、カバー両端を密閉し、実験は午前 9 時から午後 9 時までの 12 時間行った。時間造水量 M_{hp} (kg/hr) は実験開始から 1 時間毎に集水器の質量増加分から求め、 $M_{hp}=0$ となった後に装置内の付着(水滴)量 M_v (kg) を求めた。また、同時に気象条件(温度、湿度および日射量)を同日の午前 0 時から 24 時間自動計測した。なお、両装置のトラフ寸法(内寸: 1.44 m × 0.17 m)およびトラフ内水量(7.0 kg)は同じであり、設置方位も同じとした。

4. 実験結果

図-3 は気温および日射量 R_{sd} (W/m²) の経時変化を示す。実験当日の日の出は 5 時 10 分であり、日の入は 18 時 48 分であった。 R_{sd} は 12 時 36 分に最高 877 W/m² となり、当日の最高気温は 28.5°C であった。

図-4 は TrSS および TSS の M_{hp} および積算造水量 ΣM_{hp} (kg) の経時変化を示す。両装置ともに 11 時前から造水が始まり、12 時に TrSS および TSS の M_{hp} は最大となり、それぞれ 0.224 kg/hr および 0.173 kg/hr となった。その後、 R_{sd} の減少に伴い M_{hp} も減少した。実験終了時の TrSS および TSS の ΣM_{hp} はそれぞれ 0.905 kg および 0.824 kg となった。また、実験終了時に装置内の水滴を回収すると、TrSS および TSS の M_v はそれぞれ 0.133 kg および 0.205 kg となった。こ

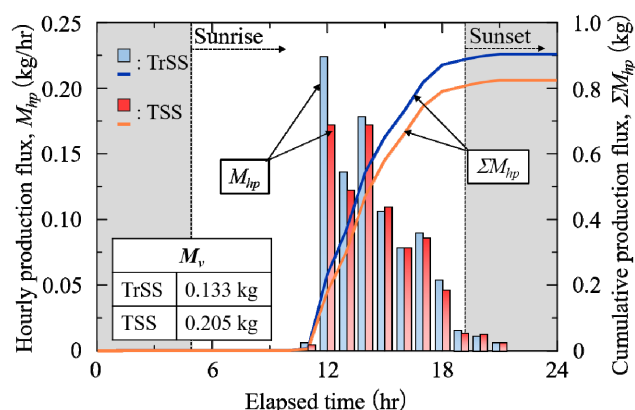


図-4 時間造水量および積算造水量の関係

れより、 M_v を考慮すれば、TrSS と TSS の 1 日のトラフ水表面積当たりの造水量はそれぞれ 4.21 kg/m² および 4.17 kg/m² となり、両装置の造水量には大差ないことが分かる。

以上より、本実験に関する限り、両装置の形状が造水性能に及ぼす影響が小さいと考えられる。今後、さらに造水性能の向上を考えれば、トラフ形状(トラフ水表面積など)や付着した水滴による日射吸収量などの影響について、実験および解析の両面から検討が必要である。

5. おわりに

本研究ではバングラデシュ沿岸部僻地での太陽熱淡水化装置の導入を念頭に、2 種類の太陽熱淡水化装置(TSS および TrSS)の時間造水量と積算造水量の比較を行った。その結果、本実験結果に限れば、両淡水化装置の造水量に大差ないことが分かった。ただし、現地での製作および維持管理の観点を考えれば、TrSS の方が構造面、製作面でより単純であり、住民に受け入れやすいと考えられる。今後は TrSS に関して、現地での資材調達、組立て、維持管理を検討しながらバングラデシュでの展開を目指していく。

謝辞

本研究の一部は科学研究費(若手研究(B) 16K18155)の助成を受けて行われた。ここに記して深甚の謝意を表す。

参考文献

- 1) Mahmuduzzaman M. et al.: Causes of salinity intrusion in coastal belt of Bangladesh, International Journal of Plant Research, 4(4A), pp. 8-13, 2014.
- 2) 例えば、加藤隼也ら:バングラデシュ沿岸漁村部における三角型太陽熱淡水化装置(TrSS)の造水量予測、土木学会第73回年次学術講演会講演概要集、II-212, pp. 423-424, 2018.