

円筒型太陽熱淡水化装置(TSS)の造水性能に及ぼす外気温の影響

福井大学大学院	大学院生	学生会員	○山路昂央
福井大学	研究員	正会員	寺崎寛章
福井大学大学院	教授	正会員	福原輝幸
広島工業大学	教授	正会員	石井義裕

1. はじめに

現在、世界的に拡大している飲料水不足の対策の一つとして、中東を中心に行われている海水の淡水化がある。代表的な淡水化法に多段フラッシュ法や逆浸透膜法等があり、一日に数十万トンもの淡水を造ることができる。しかし、電力供給が乏しい国々では、こうした大規模な淡水化装置の導入は難しい。

筆者らが研究を進めている円筒型太陽熱淡水化装置(Tubular Solar Still, TSS)¹⁾は円筒カバー、トラフ、支柱、針金および集水器で構成される。図-1はTSSの造水メカニズムを表しており、太陽熱により暖められたトラフ内の塩水が蒸発し、カバー内面で凝縮した水を集めることで蒸留水を得る。このようにTSSの構成および造水メカニズムは単純なため、維持・管理が容易かつ環境負荷が小さい。前報²⁾では、日射量と蒸発量 E_v および造水量 P_v の関係に比べて、外気温(TSS周辺温度)と E_v および P_v に関する議論は十分にされていない。外気温の影響を定量評価することは、造水性能の季節変化を知る上で今後重要となる。

そこで本研究では、短波放射フラックスを一定とし、外気温が異なる環境下におけるTSSの造水性能を明らかにすることを目的として、室内造水実験を行ったので、その結果の一部を報告する。

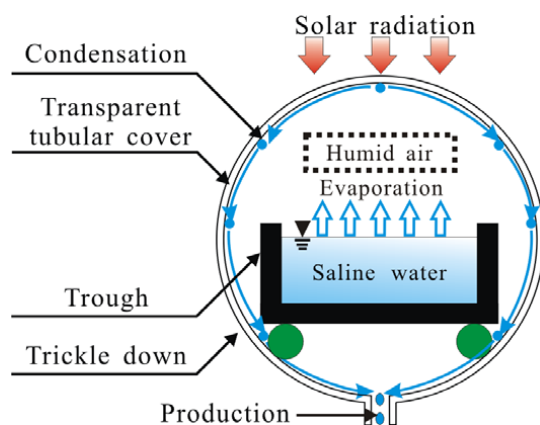


図-1 造水メカニズム

2. 室内造水実験概要

TSSは円筒カバー(長さ:0.6m, 直径:0.2m)およびアクリル製矩形トラフ(内法:0.5×0.1m, 高さ:0.065m)から成り、室内造水実験は2011年9月1日から6ヶ月間に亘って行われた。TSSは木製架台の上に設置し、TSSの上端から0.3mの高さにヒートランプを2基設置した(図-2を参照)。なお、短波放射フラックスは1週間毎に測定し、実験期間中は概ね一定(480W/m²)であった。

次に実験手順について述べる。まず初期トラフ内水深 H_w (m)が0.03mになるように、トラフに淡水を供給し、それをTSS内に設置した後、ヒートランプを照射する。23時間の照射に伴う積算蒸発量(kg/m²)はトラフ内水量の質量減少分より、積算造水量(kg/m²)は集水器の質量増加分より、それぞれ求めた。また、TSSの伝熱特性を調べるために、外気温 T_a 、カバー温度およびトラフ内水温 T_w は熱電対により、TSS内湿り空気温度 T_{ha} および相対湿度 RH_{ha} は温湿度センサー(Vaisala製)により、それぞれ5分毎に自動計測した。なお、 T_a はTSS端の上端から上方0.15mで測定された値を、 T_w はトラフ底面付近で測定された値を、 T_{ha} および RH_{ha} はTSS中央のカバー上端から下方0.05mでの値をそれぞれ代表させた。

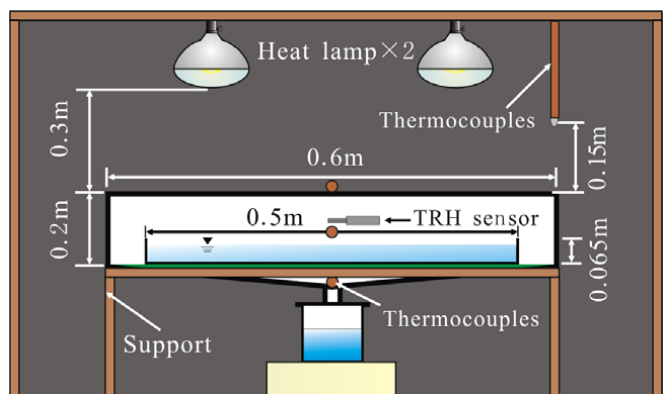


図-2 室内造水実験装置概要

キーワード：太陽熱淡水化, TSS, 外気温, 蒸発量, 水蒸気密度

連絡先：〒910-8507 福井市文京 3-9-1 福井大学工学部建築建設工学科 環境熱・水理研究室 TEL 0776-27-8595

3. 実験結果

図-3は1ヶ月毎に平均した外気温 T_a (°C) の経時変化を示す。 T_a は実験を開始した9月から翌年2月までの間、それぞれ 33.2, 27.9, 23.1, 16.3, 13.4 および 13.0°C であった。なお、 T_a の季節変化は観られたものの、日変化は観られなかった。

以下、9月と2月の結果を比較する。なお、上添字の s は9月を、 f は2月をそれぞれ意味する。

図-4は水温 T_w 、TSS 湿り空気温度 T_{ha} および相対湿度 RH_{ha} の経時変化を示す。照射開始より T_{ha}^s および T_{ha}^f は約3時間30分後に、 T_w^s および T_w^f は約4時間30分後にそれぞれ平衡状態に達した。また、 T_{ha}^f および T_w^f が T_{ha}^s および T_w^s より低下した原因は、 T_a の低下によるものと推察される。なお、平衡状態の RH_{ha}^f は RH_{ha}^s より6%低くなった。

図-5は水面と湿り空気間の水蒸気密度差 $\Delta\rho_v$ (kg/m³) の経時変化を示す。水面の水蒸気密度 ρ_{vw} は T_w を、湿り空気の水蒸気密度 ρ_{vha} は T_{ha} および RH_{ha} を用いて求めた。両月とも $\Delta\rho_v$ ($=\rho_{vw}-\rho_{vha}$) は照射開始より約4時間30分後に平衡状態に達した。その際の $\Delta\rho_v^s$ および $\Delta\rho_v^f$ の平均値は、それぞれ 0.023 および 0.014 kg/m³ であり、 $\Delta\rho_v^f$ は $\Delta\rho_v^s$ より42%減少した。

図-6は9月から翌年2月に亘る、それぞれの平均日積算蒸発量 ΣM_e (kg/m²/day) を示す。 ΣM_e は9月から順次減少し、 ΣM_e^s および ΣM_e^f は、それぞれ 8.0 および 5.4 kg/m² であり、 ΣM_e^f は ΣM_e^s より33%低下した。これは図-5に示すように、 T_a の低下に伴い $\Delta\rho_v$ が減少したことに起因する。

4. おわりに

本研究は、短波放射フラックスを一定とし、外気温が異なる環境下でのTSSの造水性能を明らかにすることを目的として室内造水実験を行った。

その結果、外気温が低いと蒸発量(造水量)が低下することが分かった。今後、得られた結果も含め数値解析モデルの構築に努めたい。

参考文献

- 1) Amimul A. and Fukuhara T.: Mass and heat transfer model of tubular solar still, Solar energy, Vol. 84, pp. 1147-1156, 2010.
- 2) 寺崎寛章, 山路昂央, 草間政寛, 福原輝幸: アラブ首長国連邦における円筒型太陽熱淡水化装置(TSS)の造水性能評価, 土木学会第66回年次学術講演概要集, Vol. 66/VII-003, pp. 5-6, 2011.

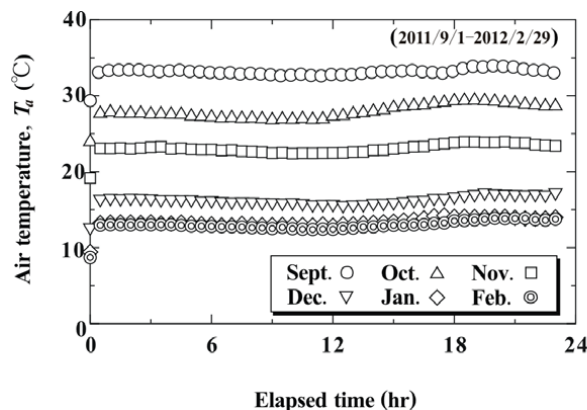


図-3 1ヶ月毎に平均した外温度の経時変化

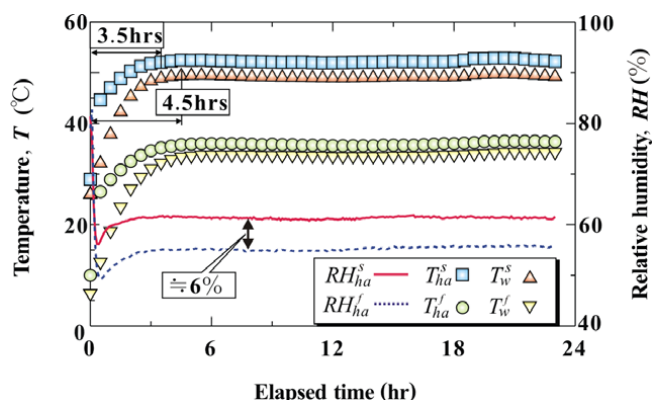


図-4 水温, TSS 内湿り空気温度および相対湿度の経時変化

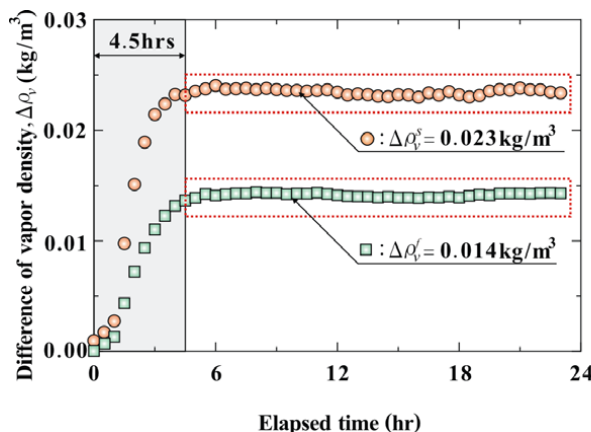


図-5 水面と湿り空気間の水蒸気密度差の経時変化

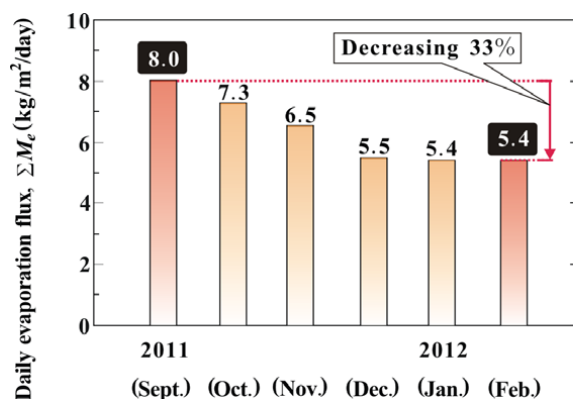


図-6 月毎の平均日積算蒸発量