初期水深および照射強度が円筒型太陽熱淡水化装置(TSS)の造水性能に及ぼす影響

福井大学大学院	正会員	○山路昂央
福井大学大学院	正会員	寺崎寛章
福井大学大学院	正会員	福原輝幸

1. はじめに

現在,世界の安全な飲料水確保は危機に瀕している. 世界保健機構(WHO)の報告によると,安全な飲料水確 保が難しい発展途上国および貧困国では,汚水の飲用が 疾病原因の大半を占め,8秒に1人が死亡している^{1),2)}.

飲料水不足の対策の一つとして,海水から淡水を製造する淡水化法があり,多段フラッシュ法,逆浸透膜法および多重効用法などが挙げられる.これらの淡水 化装置は一日に数万t~100万t³⁾の造水が可能であるものの,装置が大型となり,多量の電力が必要となるため,インフラ整備が不十分な発展途上国や貧困国での運用は難しい.

当該研究室では、電力を必要としない円筒型太陽熱淡 水化装置(<u>Tubular Solar Still</u>, TSS)⁴⁾を提案し、その造水 性能を調べている(図-1 を参照). 今後、TSSの普及を目 指すには、TSS の素材や大きさの検討に加えて、造水 慣性⁵⁾に及ぼす初期水深および照射強度の影響を明ら かにする必要がある.

そこで本研究では,造水慣性の特性を明らかにする ことを目的として,初期水深が異なる TSS 内の熱・水分 移動および造水量をヒートランプ照射から消灯後にわ たって調べたので,その結果の一部をここに報告する.



室内造水実験は福井大学内の恒温恒湿室(温度:25℃, 湿度:50%)にて,TSS(長さ:0.6m,直径:0.2m)および黒色 アクリル製矩形トラフ(内法:0.5×0.1m,高さ:0.065m) を用いて行われた(図-2を参照).

次に実験手順について述べる.まず初期水深H_w(m) が0.04mおよび0.01m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、ヒートランプにより 照射を開始する.6時間照射した後に照射を止め、造水 が確認できなくなるまで実験を継続する.実験ではTSS 周辺温度 T_a (\mathbb{C}),円筒カバー温度 T_c (\mathbb{C})およびトラフ 内水温 $T_w(\mathbb{C})$ を熱電対により、TSS内湿り空気温度 $T_{ha}(^{\circ}C)$ および相対湿度 $R_{ha}(^{\circ}S)$ を温湿度センサー (Vaisala製)により、それぞれ測定した. T_cはカバーの外 周に沿って45°毎に測定された計5ヶ所の平均値を、 T_w は半水深で測定された値を, T_{ha}およびR_{ha}はTSS中央の カバー上端から下方0.05mで測定された値を、それぞれ 用いた. また,時間蒸発密度 *M_{he}*(kg/m²hr)はカメラに より撮影された画像の解析に基づくトラフ内水深の減 少分より、時間造水密度 M_{hp}(kg/m²hr)は集水器の質量 増加分より、それぞれ求めた.なお、実験はHwと照射 強度 $R_s(W/m^2)$ を変えた6ケースの実験を2回ずつ行った.



図-1 円筒型太陽熱淡水化装置(TSS)概要



図-2 実験装置概要

キーワード:造水慣性,太陽熱淡水化,TSS,初期水深,飲料水不足 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、初期水深 H_w =0.04m と H_w =0.01m の時間造水 密度差 ΔM_{hp} (= $M_{hp}^{0.04}$ - $M_{hp}^{0.01}$)の経時変化を 3 つの異なる R_s (W/m²) に対して示す.ここに、 $M_{hp}^{0.04}$ は H_w =0.04m の M_{hp} , $M_{hp}^{0.01}$ は H_w =0.01m の M_{hp} である.以後、上添字の 数値は H_w を意味する.

照射開始から3時間後までは $M_{hp}^{0.01}$ が $M_{hp}^{0.04}$ と比して 大きいものの、その後は全てのケースにおいて大小関 係は逆転し、常に $M_{hp}^{0.04} > M_{hp}^{0.01}$ であった.この結果は R_s に関わらず、同じであった.また、照射終了後にお ける M_{hp} も常に $M_{hp}^{0.04} > M_{hp}^{0.01}$ であった.この原因は、 本論文中には示していないが H_w が大きいほど、照射終 了後のトラフ内水温の時間低下が緩やかであること に起因する.

図-4 は実験期間中の全造水密度 $M_{tpf}(kg/m^2)$ に対する 消灯後から実験終了時までの造水密度 $M_{pi}(kg/m^2)$ の割 合 R_{pf} (%)を, R_s 毎に示したものである. $H_w = 0.04$ およ び 0.01mに対する R_{pf} は, $R_s=1150W/m^2$ で 25 および 6%, 900W/m² で 34 および 9%, および 600W/m² で 39 および 12%であった. また, R_c (= $R_{pf}^{0.04}/R_{pf}^{0.01}$)は, 3.2~4.2 とな った. 紙面の都合により割愛するが, R_c は R_s と正の相 関関係にあり, 式(1)のように表される.

 $R_c = 2.65 \times 10^{-1} R_s^{0.39} \tag{1}$

図-5 は、 $M_{pf}(kg/m^2)$ の比較を R_s 毎に示す。 H_w に関わらず、 M_{pf} は R_s とともに増大する。 $R_{qf}(=M_{pf}^{0.04}/M_{pf}^{0.01})$ は R_s =1150、900および 600W/m²に対して、1.08、1.11および 1.16となり、 R_s の低下に伴い R_{pf} は大きくなった。

4. おわりに

本研究により,造水慣性に及ぼすトラフ内初期水深 の影響が明らかとなった.今後,トラフ内初期水深の 変化に伴う円筒型太陽熱淡水化装置(TSS)の造水性能 の特性を詳細に調べる.

参考文献

- 佐々木洋介:途上国の水問題と対策について、日本機械 工学, Vol. 112, pp. 26-27, 2009.
- 2) ロビン・クラーク:水の世界地図,沖大幹,沖明訳,丸善株式会社, pp. 11-49, 2006.
- 3) 海外における水ビジネス最前線 水の関連産業の動向・海水淡水技術・水の循環および排水再利用技術,株式会社 エヌ・ティー・エス, pp. 43-135, 2009.





図-5 初期水深の違いによる全造水密度の比較

- Islam, K.M.S., and Fukuhara, T.: Heat and mass transfer in tubular solar still under steady condition, *Annul Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 49, pp. 727-732, 2005.
- 山路昂央,寺崎寛章,福原輝幸,石井義裕:円筒型太陽 熱淡水化装置(TSS)の造水慣性,水工学論文集, Vol.69, pp. 1441-1446, 2013.