

矩形型トラフを用いた TSS における 日射量の経時変化と造水特性に関する基礎的研究

広島工業大学大学院 学生会員 ○三角 彰
広島工業大学 正会員 石井 義裕

1. 研究目的

発展途上国においては慢性的な水不足、安定した電力供給が難しい。水資源の確保の手段として、軽量・安価で大量生産可能な太陽熱淡水化装置¹⁾：TSS(Tubular Solar Still)は有効な手段と考えられる。

本研究では、TSS の造水能力の向上を目的として、造水実験を行った。また、これまで行われていない太陽の日射量の経時変化と初期水深の関係を明らかにし、TSS の効果的な造水方法を検討した。

2. 実験方法

矩形型トラフを用いた TSS を製作した。初期水深による造水特性を比較するため、矩形 TSS を 3 基使用した。それぞれの初期水深を水深 1 cm、水深 2 cm、水深 4 cm とし、装置名を装置 1、装置 2、装置 3 とした。本研究では、屋内実験と屋外実験を実施した。屋内実験は造水量・トラフ内の水温・日射量・装置内の湿り空気温度・装置内の湿度・外気温を計測し、造水量は、1 時間ごとに回収し重量(g)を計測する。それぞれ計測時間は実験日前夜の 22:00 から翌日 TSS の造水が続くまで計測した。造水量は 9:00 から回収できなくなるまで計測した。屋内実験は、太陽の光源の代わりにヒートランプを 3 基使用した。計測は、ヒートランプを 8 時間照射し、その消灯させて 8 時間の計 16 時間行った。屋内実験の計測項目は、屋外実験での同様の項目を計測した。また、円筒カバー内部の周辺温度であるカバー温度 $T_c(^{\circ}\text{C})$ とトラフ水面の水温 $T_w(^{\circ}\text{C})$ を新たに計測した。

3. 実験結果

(1) 総日造水量と日射量の関係

屋外実験の代表的な CASE1~CASE3 を表-1 に実験条件を示す。図-1 にトラフ内に供給する初期水深における総日造水量と日射量の関係について示す。

CASE3 では、各 CASE の中で 1 番高い総日射量 14.99MJ/m^2 を記録した。CASE1 において、総日造水量は装置 1 が 29.6g、装置 2 が 36.5g、装置 3 が 42.5g であった。水深が深いものほど総日造水量は増加傾向にある。日射量が高くなり、初期水深が深いほど日総造水量が増加すると考えられる。CASE2、CASE3 においても同様の結果となった。

表-1 屋外実験条件

総日射量 (MJ/m^2)		装置 1	装置 2	装置 3
初期水量 (l)		0.5l	1.0l	2.0l
CASE1	10.6	29.6	36.5	42.5
CASE2	11.7	37.8	47.7	56.5
CASE3	14.9	59.1	61.0	74.0

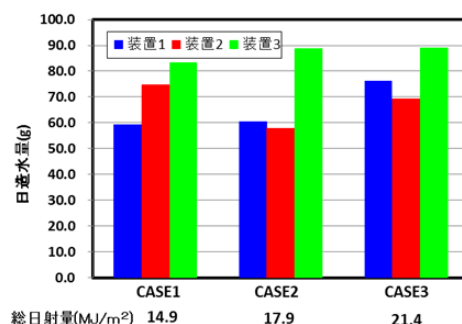


図-1 総日造水量と日射量の関係

(2) 時間造水量および累積時間造水量と日射量

図-2 に CASE1 の時間造水量と日射量の関係を示す。CASE1 の総日射量 10.6MJ/m^2 。最大時間造水量は、13 時に装置 1 が 6.5g、装置 2 が 8.2g、装置 3 が 10.4g となった。日射量が上昇する 13 時までは、水深が浅い装置の造水が多い。日射量が下降した 15 時付近から、水深の深い装置の順に造水しており、日射量上昇時と異なる造水傾向となった。

キーワード 矩形 TSS、造水量、初期水深

連絡先 〒731-5193 広島市佐伯区三宅 2-1-1 広島工業大学工学系研究科 TEL: 082-921-3121

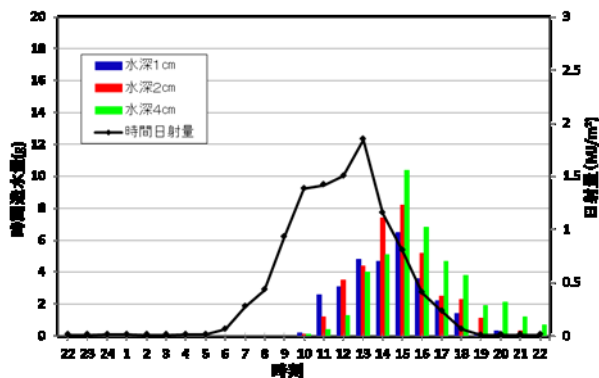


図-2 時間造水量と日射量の経時変化 (CASE1)

(3) 湿り空気中の水蒸気量の経時変化

図-3に内気温より導いた装置内の湿り空気中の水蒸気量の経時変化を示す。日射量上昇時には、装置1,2が活発に蒸発し水蒸気量を装置内に供給している。日射量下降時には、各装置の水蒸気量は低下するが水深の深い装置は水蒸気量の減少は、緩やかである。これは、水温の温度変化が関係していると考えられる。装置2,3は装置1と比較して、水深が深いため温められた水温の熱エネルギーが大きい。そのためトラフ内の水温がさめにくいことが原因と考える。

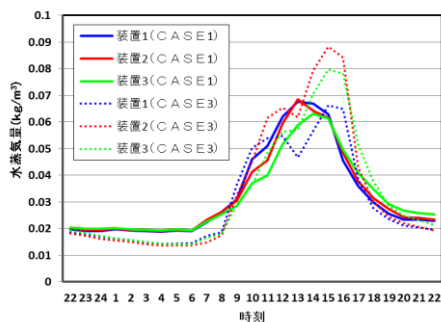


図-3 湿り空気中の水蒸気量の経時変化

(4) 水蒸気密度と時間造水量の関係

図 4-5 に屋内実験における装置 1 の水蒸気密度²⁾と時間造水量の経時変化を示す。新たに計測した項目のトラフの水表面温度と円筒カバー内部のカバー温度と装置内部の湿り空気温度における水蒸気密度を求めた。トラフの水表面の水蒸気密度を ρ_{vw} 、湿り空気温度の水蒸気密度を ρ_{vha} 、カバー温度の水蒸気密度を ρ_{vc} とする。TSS の造水時は、トラフ表面からの水蒸気とカバー温度の水蒸気密度差が大きいと時間造水量が多い。装置内部の水蒸気密度は、水表面、湿り空気、カバーの順に小さくなる。ヒートランプ照射

時は、トラフの水表面の水蒸気密度が湿り空気温度の水蒸気密度よりも大きい。このことは、トラフ水面から蒸発がおき水蒸気量が発生している。また、湿り空気温度の水蒸気密度は、カバー温度の水蒸気密度より大きいことから凝縮が起きていることがわかる。装置内部の水蒸気密度は、水表面、湿り空気、カバーの順に小さくなっており、蒸発と凝縮が同時に発生していることが明らかとなった。

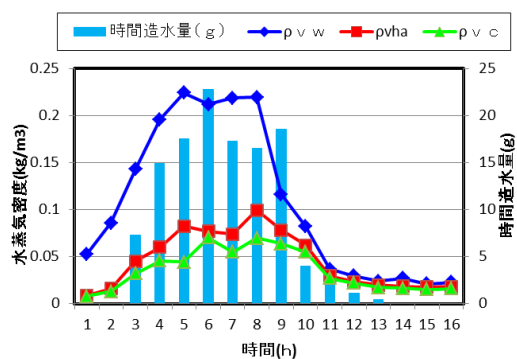


図-4 水蒸気密度と時間造水量の経時変化 (装置 1)

4. 結論

本研究では、TSSの造水特性と日射の経時変化について調べた結果を示す。

- (1) TSSの屋外実験において造水慣性を確認でき、初期水深が深いほど造水慣性は顕著に表れる。
- (2) 初期水深は、水温・内気温・湿り空気の水蒸気量に影響を与え、造水の傾向が異なる。
- (3) 日射が上昇する場合では、水深が浅いものほど造水効果が高い。水温・内気温の上昇により水面より蒸発する水蒸気量が多く、凝縮されることで造水していると考えられる。
- (4) 日射が下降・日没後では、水深が深いものほど造水時間が長く、造水効果の期待が持てる。水深の影響により温められた水温・内気温が冷めにくく空気中の水蒸気量も低下しにくいため、また外気温の低下により、日射がなくても造水していると考えられる。

参考文献

- 1) 福原輝幸, kh. Md. shafiul Islam: アラブ首長国連邦における円筒型太陽熱淡水化装置の造水性能, 地下水技術, 第48巻, 第6号, pp. 31- 35, 2006.
- 2) Amimul A. and Fukuhara T.: Mass and heat transfer model of tubular solar still, Solar energy, Vol. 84, pp. 1147-1156, 2010.