

野外環境下における三角型太陽熱淡水化装置の造水特性

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
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

世界では1998年から2017年に発生した災害の91%が、気象関連災害と言われている¹⁾。また22億人の人々が安心して飲める水が身近になく、このうち1.4億人の人々は池や川、用水路など未処理の地表水を利用している²⁾。筆者らはこれまでに乾期におけるバングラデシュの飲み水支援のため、太陽エネルギーにより飲み水を造る三角型太陽熱淡水化装置(TrSS と呼称、図-1を参照)の研究・開発を行っている。今までに得られた知見を基に、TrSSは特殊な技術や知識を必要としないため、海面上昇に苦しむ島嶼国や発展途上国での災害時の飲み水確保の手段としても有効ではないかと筆者らは考えている。今後、実際の導入にあたってはTrSSの造水特性を把握し、日造水量を正確に予測することが重要となる。

そこで本研究では、2018年7～9月および2019年6～10月にかけて行われた野外造水実験結果により、TrSSの水収支および日造水量に及ぼす気象要因の影響を調べたので、その結果を報告する。

2. 三角型太陽熱淡水化装置

TrSSは形状を維持するための竹材フレーム、凝縮面となるカバー、原水を入れるトラフ、凝縮された水を集める集水器から構成され、低コストで作製可

能である。このTrSSは1)太陽エネルギーによってトラフおよび原水が温められ、2)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、3)カバー内側表面で凝縮が生じ、水滴が付着し、4)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で水を集める単純なメカニズムである。

3. 野外造水実験

本実験は福井大学(福井市)の屋上にて2018年7～9月および2019年6～10月にかけてTrSS(トラフ幅:0.17m, 長さ L (m):0.5, 1.5 および 2.4m), 集水器, 架台, データロガー, 気象観測装置を用いて実験は行われた(図-2を参照)。日射計により短波放射量 $R(W/m^2)$ を、温度湿度センサーにより外気温 $T(^{\circ}C)$ を、三杯式風速計により風速(時間平均風速 $W(m/s)$)を、それぞれ計測した。また日照時間 $S(hr)$ と雲量 $C(\%)$ については福井地方気象台のデータを用いた。

次に、造水量 $M_{pr}(kg)$ は実験開始と日没後の集水器の質量増加分から、日蒸発量 $M_{ev}(kg)$ はトラフ水の質量減少分から、付着水滴量 $M_v(kg)$ は実験終了後に吸水シートを用いて採取した水滴量から、日凝縮量 $M_{cd}(kg)$ は M_{pr} と M_v の和から計算した。また実験終了後のトラフ残水量 $M_{res}(kg)$ と M_{cd} の和、それに初期トラフ投入水量 $M_{init}(kg)$ から漏気量 $M_{loss}(kg)$ を求めた。

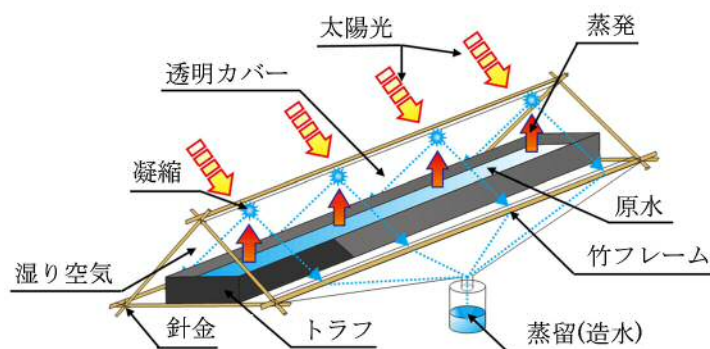


図-1 三角型太陽熱淡水化装置(TrSS)の基本デザイン

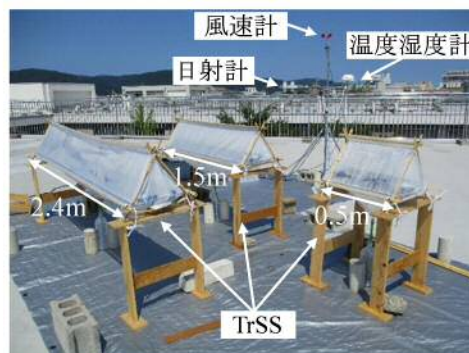


図-2 野外造水試験概要

キーワード：バングラデシュ、島嶼国、淡水化、三角型太陽熱淡水化装置、造水試験、回帰分析

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

4. 実験結果および考察

図-3 は TrSS ($L=1.5$ m) を使用した時の M_{ev} と M_{pr} および M_{loss} の関係を示す. M_{ev} の増加に伴い M_{pr} は線形的に増加し, 図中の式で表される. また本実験期間中は M_{ev} の 2.3%(平均値)の漏気が生じたが, M_{loss} と M_{ev} との間に明瞭な関係は見出し難い. これらの漏気は主に TrSS のトラフ取り出し口および取水口から生じたと考えられる. なお, 本実験に関する限り, M_{cd} は $0.5 \sim 0.17$ kg (平均値 0.12 kg) の水滴が主に TrSS の上部カバーに付着することが分かった.

図-4 は 8 月 1 日に行われた長さの異なる TrSS における M_{ev} を示す. TrSS が大きく(トラフが長く)なるにつれて, M_{ev} は線形的に増大する. したがって, トラフ水表面積(蒸発面積)で M_{cd} を除した日造水量 M_{pd} (トラフ水表面積当りの凝縮量, kg/m^2)はいずれも概ね同じ値($4.46 \sim 4.52 \text{ kg}/\text{m}^2$)となる.

上述に示した M_{pd} は日射量, 風速などの種々の気象条件に大きく左右される. 本研究では気象が日造水量に及ぼす影響を簡便に調べるため, 日造水量の回帰分析を行った. 本研究では目的変数を M_{pd} , 説明変数を日積算日射量 $\Sigma R (\text{W}/\text{m}^2)$, 日平均気温 $T_{ave} (^\circ\text{C})$, 日平均風速 $W_{ave} (\text{m}/\text{s})$, S , C として, それぞれ単回帰分析を行った. なお, 説明変数の選択に際して各説明変数間の相関が小さく(多重共線性を回避), 取り扱いが容易かつ M_{pd} の予測に寄与する変数を選択した.

M_{pd} と各気象データとの単相関係数を表-1 に示す. M_{pd} は C を除く他の全ての気象因子と正の相関関係があることが分かる. 特に M_{pd} と ΣR の相関係数は 0.97 となり, ΣR は M_{pd} に最も影響が大きい気象因子である(図-5 を参照). また M_{pd} は T_{ave} および W_{ave} とともに正の相関がみられるものの, 日射量に関わる因子に比べて相関は高くない. これより実測データに乏しい遠隔地においては月平均日射量³⁾を用いて M_{pd} あるいは水コスト(円/kg)を簡便に予測・試算することが可能であると思われる.

5. おわりに

本研究では島嶼国や発展途上国での災害時における三角型太陽熱淡水化装置(TrSS)による飲み水確保を念頭に, TrSS の水収支および日造水量と気象要因の関係を調べた. その結果, 日造水量予測に供する知見が得られた. 今後は対象地に適した TrSS の設計およびその評価を行う.

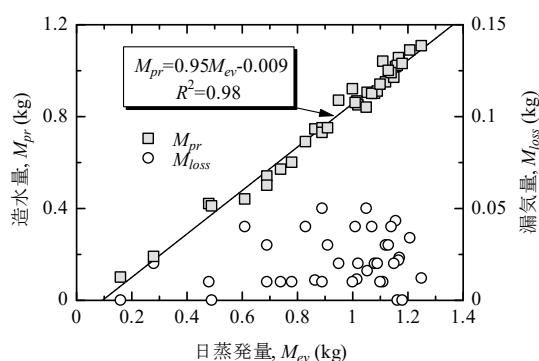


図-3 M_{pr} および M_{loss} と M_{ev} の関係

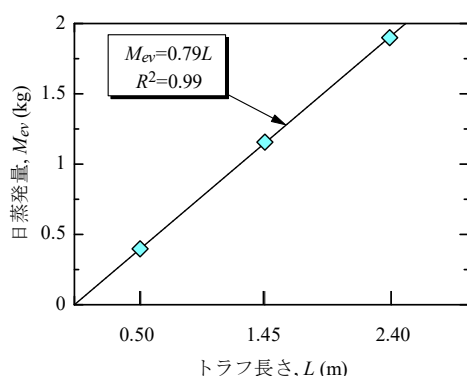


図-4 異なる長さの TrSS における M_{ev}

表-1 日積算造水量と気象因子の相関

気象因子	単相関係数
ΣR (W/m^2)	0.97
T_{ave} ($^\circ\text{C}$)	0.51
W_{ave} (m/s)	0.59
S (hr)	0.69
C (%)	-0.47

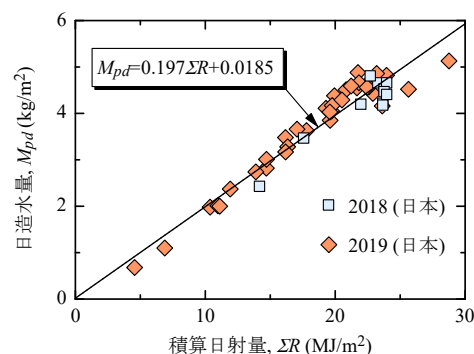


図-5 M_{pd} と ΣR の関係

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) UNISDR : Economic losses, poverty & disasters 1998-2017, p. 3, 2018.
- 2) UNICEF : Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2017: special focus on inequalities, p. 7, 2019.
- 3) NASA prediction of worldwide energy resource, <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> (2020年3月25日参照).