

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

福井大学	学生会員	○加藤隼也
福井大学	正会員	寺崎寛章
愛知医科大学	非会員	梅村朋弘
福井大学	非会員	長谷川美香
福井大学	非会員	日下幸則
広島工業大学	正会員	福原輝幸

1. はじめに

近年、バングラデシュでは急激な人口の増加に伴う水需要が逼迫しており、飲料水および生活用水の確保が課題となっている。加えて、衛生施設の未整備による地表水の汚染、地下水のヒ素汚染および海水浸入に伴う地下水の塩性化も深刻である。飲料水不足を解決するために、世界では多段フラッシュ法や逆浸透膜法等の淡水化技術が開発されているが、建造費が高く、大量のエネルギーを必要とするため、インフラが整っていない地域、例えばバングラデシュ沿岸部や遠隔地での導入は極めて困難である¹⁾。

そこで本研究では、バングラデシュ沿岸漁村部の飲料水確保を目的として、同地域の乾期におけるTrSSの造水量を簡易的に予測したので、その結果の一部をここに報告する。

2. TrSSの基本デザインおよび造水メカニズム

TrSSは低価格、簡易な構造、容易な維持管理および女性や子供でも持ち運べる軽量さ、を基本コンセプトとして、a) 三角形を維持するための竹材フレーム、b) 凝縮面となるフレームカバー、c) 原水を入れるトラフおよびトラフカバー、d) 蒸留された水を集める集水器、

から構成される(図-1を参照)。フレームカバーは透明なポリオレフィンフィルム(POフィルム)を使用し、トラフはベニヤ板を墨汁で塗装した後、POフィルムにより密閉することで、漏水によるトラフの腐食を防いだ。POフィルムを除けば、これらの部材はいずれも現地で容易に入手可能であり、TrSSの製作から使用、維持・管理に至るまでを住民自らが行うことを目指している。

また造水メカニズムは図-1のように、太陽熱によってTrSS内の空気、トラフおよび原水がそれぞれ温められ、トラフ水面の飽和水蒸気密度がTrSS内の湿り空气中より高くなった時に蒸発が生じる。その後、TrSS内の湿り空気中の水蒸気密度がTrSSのフレームカバー内表面よりも高くなった時にカバー表面で凝縮が生じ、水滴が付着する。さらに凝縮が進むと、水滴が大きくなり、水滴の自重がカバーへの付着力よりも大きくなった時にカバー表面を自然落下し、最下部に設置した集水器に集まる仕組みとなっている。

3. 野外造水実験概要

本実験は図-2に示すように福井大学屋上にて、2017年7月および8月の晴天日にTrSS、集水器、架台、データロガーおよび気象観測装置を用いて行われた。実

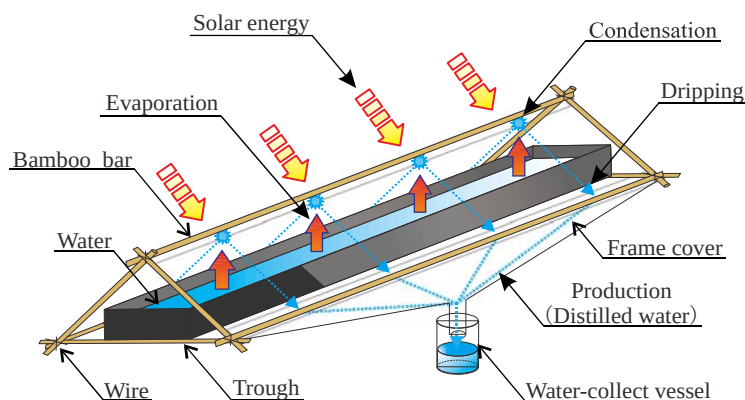


図-1 TrSSの基本デザインおよび造水メカニズム

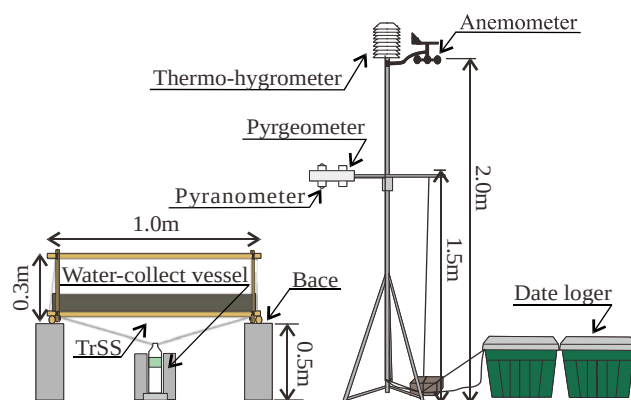


図-2 野外造水実験概要

キーワード：太陽熱淡水化, TrSS, 野外造水実験, 日積算日射量, 日造水量

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 環境水理学研究室 TEL 0776-27-8595

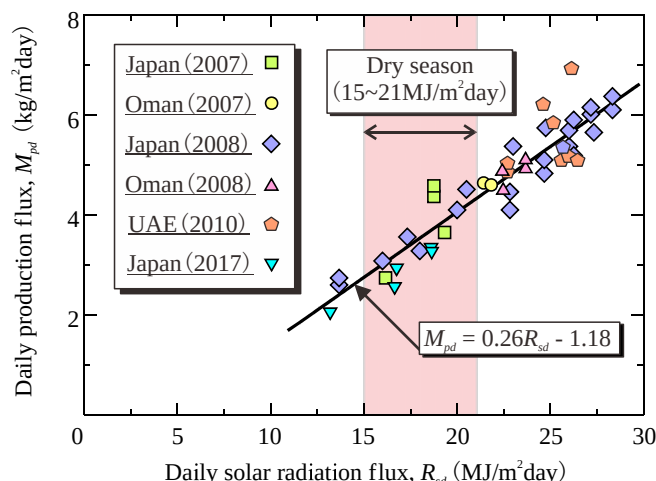
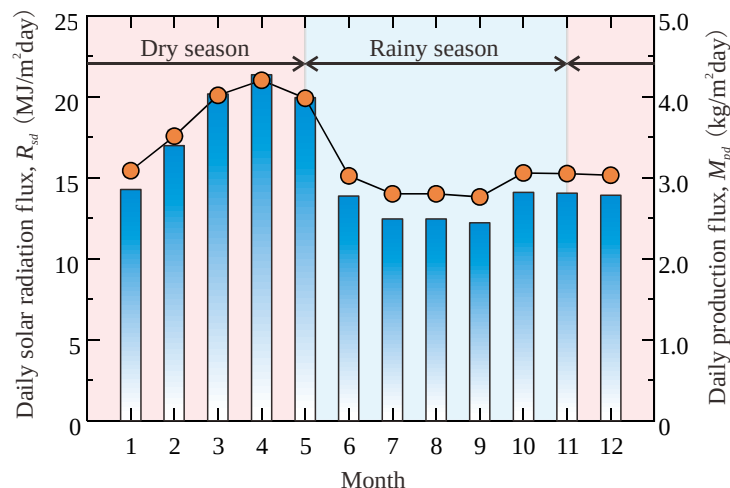
図-3 日造水量 M_{pd} と日積算日射量 R_{sd} の関係

図-4 バングラデシュ沿岸部における平均日射量および造水量

験では TrSS 作製後, トラフを挿入し, トラフ内に所定の淡水(4.5kg)を投入する. その後 TrSS を密閉し, 深夜 0:00 から実験を開始した. なお, 造水量(kg)は日没の約 4 時間後に最小読み 1/100g の電子天秤を用いて集水器の質量増加分から求めた. また気象観測はそれぞれ 5 分毎にデータロガーを用いて自動計測した.

4. 実験結果

ここでは紙面の都合上, 造水量と日射量の関係についてのみ述べる. 本実験期間中の日積算日射量 R_{sd} ($\text{MJ}/\text{m}^2\text{day}$) はそれぞれ $16.88\text{MJ}/\text{m}^2$, $18.17\text{MJ}/\text{m}^2$, $18.15\text{MJ}/\text{m}^2$, $16.75\text{MJ}/\text{m}^2$ および $13.20\text{MJ}/\text{m}^2$ となり, 日造水量 M_{pd} ($\text{kg}/\text{m}^2\text{day}$, トラフ水表面積当たりの 1 日の造水量) はそれぞれ $2.96\text{kg}/\text{m}^2$, $3.13\text{kg}/\text{m}^2$, $3.24\text{kg}/\text{m}^2$, $2.52\text{kg}/\text{m}^2$ および $2.17\text{kg}/\text{m}^2$ となった. データにばらつきはあるものの, M_{pd} は R_{sd} の増加に伴い線形的に増加した. 図-3 は本実験で得られた M_{pd} および R_{sd} の関係を示す. 同図には当該研究室の実験データも併せて図示する. その結果, M_{pd} - R_{sd} 関係は図中の式のように表されることが分かった.

5. バングラデシュ沿岸部における造水量の予測

バングラデシュ沿岸部における造水量予測に際して, 平均日射量は同地域に最も近く, 北に約 70km 離れたクルナ(Khluna)の観測データを利用した²⁾. なお, 対象漁村部におけるヒアリング結果に基づき, TrSS は乾期(12月~5月を1シーズン)に導入することを想定した. また同地域の乾期における最大日射量は 4 月の約 $21.0\text{MJ}/\text{m}^2\text{day}$ であり, 平均日射量 R_{ave} は $18.2\text{MJ}/\text{m}^2\text{day}$ となった(図-4 を参照).

次に先述の M_{pd} - R_{sd} 関係を用いて造水量を算出する. その結果, 乾期の TrSS1 基当たりの平均日造水量は約

0.574kg ($0.446 \sim 0.692\text{kg}$) となり, 1 シーズン(12 月~5 月)の積算造水量は約 $104\text{kg}/\text{基}$ となった. これより, 乾期における TrSS1 基当たりの造水量は人が 1 日に消費する最低限の飲料水($1.5\text{L}/\text{日}$)³⁾の約 1/3 に相当し, 乾期では 1 人当たり 3 基の TrSS が必要になることが分かった. なお, 1 年間を通じて最も造水量が多い月は 4 月であり, 月間造水量は約 20.8kg となった. その結果, 特に TrSS は飲料水不足が深刻化する乾期の終わりに飲料水不足解消の一助になりうると考えられる.

5. おわりに

本研究では, 野外実験による日造水量と日積算日射量の関係からバングラデシュ沿岸部における TrSS の造水量を予測した結果, 乾期(12 月~5 月)では TrSS1 基当たりの造水量は約 0.574kg となり, 大人が 1 日に消費する最低限の飲料水の約 1/3 に相当することが分かった.

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) Tomohiro Umemura et al. : A preliminary survey of residents for the project to prevail TSS in Parbayarjhapa, Bangladesh, Proceedings of the 2nd international conference on civil engineering for sustainable development(ICCESD-2014), KUET, Khulna, Bangladesh, pp.268-273, 14~16 February 2014.
- 2) Debazit Datta et al : Tilted and horizontal solar radiation for 6 zones in Bangladesh, International journal of scientific & technology research, Vol.3, issue2, pp.98-102, 2014.
- 3) Marc Henry and Jacques Chambron : Physico-chemical, biological and therapeutic characteristics of electrolyzed reduced alkaline water (ERAW), Water 2013, 5, pp.2094-2115.