

改良型地気熱交換蒸留によるビニルトンネル内水蒸気の回収率の向上
Enhancing water vapor collection ratio in plastic tunnel
by improved earth-air heat exchange water distiller

○池浦 弘* 藤巻晴行**
Ikeura Hiroshi* Fujimaki Haruyuki**

1. 背景

降水が少ない乾燥・半乾燥地の作物栽培には灌漑が必須であるが、灌漑のための水源が乏しく、河川・地下水などが塩類等を含み灌漑に適さない水質であることも多い。海水や塩類を含む河川水・地下水から清水を得る方法として蒸発法や逆浸透膜法等の脱塩処理技術が用いられているが、施設の建設・メンテナンスや運転のための動力等に多額の費用を要する。石川ら(1996)は太陽光を利用した蒸留システムとして、地気熱交換蒸留技術を考案した。本研究ではこの技術に着目し、開発途上国で導入可能な蒸留システムの確立を目指して、ビニルトンネル内水蒸気の回収率向上に取り組んだ。

2. 方法

茨城県つくば市の国際農林水産業研究センター八幡平圃場に以下(a)~(c)の地中パイプ(以下「熱交換パイプ」とする)を備えたビニルトンネルを3棟設置した。

(a) ϕ 100 mm の PVC 管 1 本をビニルトンネル内に埋設 (ϕ 100 中)

(b) ϕ 100 mm の PVC 管 1 本をビニルトンネル外に埋設 (ϕ 100 外)

(c) 1/2 の直径 (ϕ 50 mm) の PVC 管 4 本をビニルトンネル外に埋設 (ϕ 50×4 外)

(c)は(a)及び(b)と同一断面積で2倍の管内壁面積を有する。各パイプは管上面の深さが地表面から20 cmとなるように埋設した。ビニルトンネルの幅は1.2 m、長さは8.0 mであり、給水時以外は全方向を封鎖して密閉空間とした。植物は栽培せず、ビニルトンネル内には黒色のプラスチック製トレーを設置し、水道水を約3~4 cmの深さで湛水して水蒸気の供給源とした。

3棟のビニルトンネルで条件が重複しないように(a)~(c)の熱交換パイプのいずれか1つを選択し、送風口に設置したソーラーパネル付きファンでビニルトンネル内の空気を熱交換パイプ内に送風した。各熱交換パイプの排気口はビニルトンネル内地上部に出し、ビニルトンネルと熱交換パイプで空気を循環させた。また、排気口の下には排水チューブを接続して、管内で生じた結露をタンクに回収した。これに加えて、ビニルトンネル両側面のビニル内側に密着するように設置したアルミ製L字アングルでビニル内面に生じた結露を受け、末端側で回収した。同一条件で2回続けて24時間の回収水量を測定し、(a)~(c)の条件を組み替えて、3棟全てで各処理同じ回数の反復実験を行った。2023年3月2日から同月23日までの間に合計12回分のデータを取得し、処理

* 国際農林水産業研究センター Japan International Research Center for Agricultural Sciences

**鳥取大学乾燥地研究センター Arid Land Research Center, Tottori University

キーワード 地気熱交換蒸留, 水蒸気, 回収率

ごとの回収水量を比較した。さらに、Penman-Monteith 式によりビニルトンネル内で生じた蒸発量を推定し、水蒸気の回収率（回収水量／蒸発水量）を算定した。

3. 結果

(b)の回収水量は(a)よりも大きな傾向を示した。さらに(c)の回収水量は(a), (b)に対しそれぞれ約 5 倍, 2 倍大きかった ($p < 0.05$)。一方、ビニル内面に生じた結露の回収水量は(c)が(a), (b)よりも少ない傾向を見せた。Fig. 1 に水蒸気の回収率を示す。熱交換パイプ及びビニル内面の結露による回収率は、(a)がそれぞれ 4.3% 及び 30.3%, (b)が 11.3% 及び 27.2%, (c)が 23.3% 及び 22.5% となった。(c)の合計回収率は約 46% を示し、(a)を有意に上回った。(b), (c)の管内壁温は(a)に対しそれぞれ 3.3°C, 4°C 低くなっており、熱交換パイプをビニルトンネル外に配置したことにより冷却効果が高まり、管内の結露が促進されたものと推定される。また、(b), (c)間の差は管内表面積の倍増が影響したものと見られる。

回収水量は積算日射量と正の相関を示した (Fig. 2)。ビニル内面の結露の回収水量が線形に増加する傾向を示すのに対し、熱交換パイプによる回収水量は日射量が小さい場合に著しく少なくなり、2 次曲線の増加傾向を示した。今回の実験ではソーラーパネル付きのファンを使用しており、雨天・曇天時のファンの運転時間及び送風量の減少が回収水量に影響を及ぼしたものと考えられる。

4. まとめ

地気熱交換蒸留技術では熱交換パイプの内壁付近で管内気温が冷却され露点を下回ることにより、水蒸気を結露として回収できる。熱交換パイプをビニルトンネルの外に配置し、さらに管内壁面積を増加することにより、水蒸気の回収率を 30% 以上増加することができた。ビニルトンネル内の蒸発量の増加や送風量の調整によりさらに回収水量の増加が期待できるが、一方で熱交換パイプ周辺地温及び管内壁温の上昇による回収効率の低下も想定される。回収効率の維持・向上には昇温対策が必要である。

石川将之, 大槻恭一, 神近牧男 (1996) 太陽熱および地気温差を利用した蒸留システム, 農土誌 64(3): 225-230

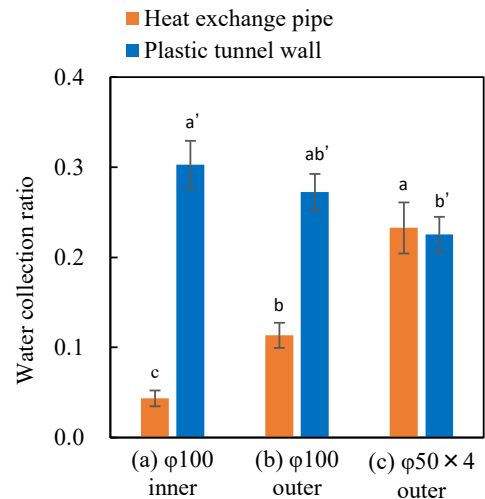


Fig. 1 熱交換パイプ及びビニル内面の結露として回収した水蒸気の回収率
Collection ratio of water vapor collected as dew by heat exchange pipe and plastic film.
Error bar shows standard error (n=12).
Significant different is found among a-b-c and a'-b' ($p < 0.05$, Tukey-HSD test).

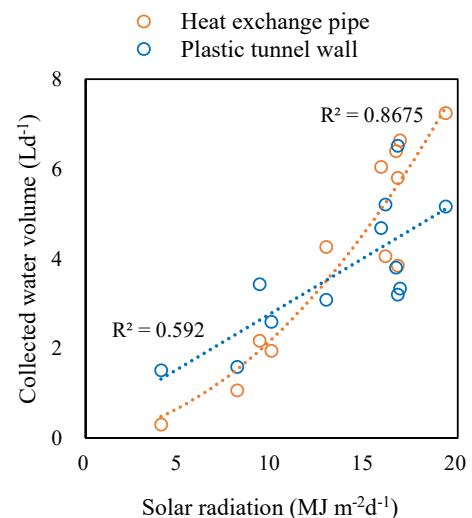


Fig. 2 (c)の回収水量と積算日射量の相関
Correlation between collected water volume of treatment (c) and solar radiation.
(n=12)