

土壌水分を可視化する簡易センサーの開発と 乾燥地の自動灌水技術の実験的検討

長崎大学工学部 学生会員 ○野寄 あすか 正会員 大嶺 聖

長崎大学大学院 正会員 杉本 知史 フェロー会員 蔣 宇静 学生会員 李 翠

1. はじめに

乾燥地での節水型灌漑において、先行研究では粘土や吸水材の保水力、麻紐の毛管上昇力を利用した灌水装置が提案されており、その保水効果も確認されている¹⁾。しかし、混ぜ方や割合などに結果が左右されやすく、安定した給水が困難であることが課題として残った。本研究では、土壌水分を可視化する簡易センサーと水分量に応じて適切な灌水を行う装置の開発に取り組む。

2. 実験方法と考察

砂漠の砂質に近い珪砂 7 号（平均粒径約 0.15 mm）を使用した簡易実験を行い、灌水装置を作成する。その後、モンゴルの砂漠の代わりに、佐賀県玄海町にある薬用植物栽培研究所に装置を設置し、経過観察を行う。また、土壌内の水の広がりや LED の点灯によって可視化する装置も共に設置する。

2.1. 実験装置の作成

土壌水分量に応じて給水ポンプの ON/OFF の切替を行うため、体積含水率を計測する装置を開発した。

1) 炭素棒

水分量に応じて土壌の電気抵抗が変化することを利用して、体積含水率を把握することが出来ると考えられる。直径 5 mm、長さ 30 mm の炭素棒を回路の両電極に取り付け、土壌に挿して電圧をかけた。回路の詳細は後述する。

2) 電圧制御素子「MOSFET」

MOSFET には P チャネルと N チャネルの 2 種類があり(図 1)、どちらもゲートに電圧を印可することによって、ドレイン-ソース間の電流を制御することが出来る。この特性を利用すると、P チャネルは水分がないとき、N チャネルは水分があるときにスイッチを ON にし、逆の場合に OFF にすることができる。P チャネルを用いた電圧制御を自動灌水に活用できるのではないかと考え、図 2 の回路を作成した。炭素棒を水分量の異なる砂に挿し、抵抗値を 50k Ω ~ 2M Ω まで変えて体積含水率と電圧の関係調べた結果、図 3 のグラフのようになった。植物の育成に適した土壌の pF 値は約 1.7~2.3 の範囲で、ケイ砂の体積含水率に換算すると約 6~18% である。抵抗が小さくなるほど高い含水率で ON/OFF が切り替わっているが、100k Ω 以下になると水分量が増加しても反応しなくなったため、200k Ω 抵抗が適当であると考えた。

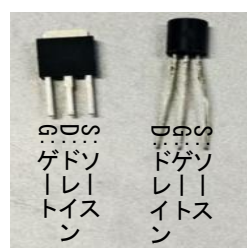


図 1 MOSFET
(左: Pch[2N7000],
右: Nch[2SJ681])

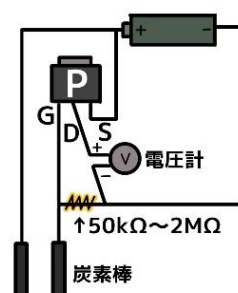


図 2 実験の回路図

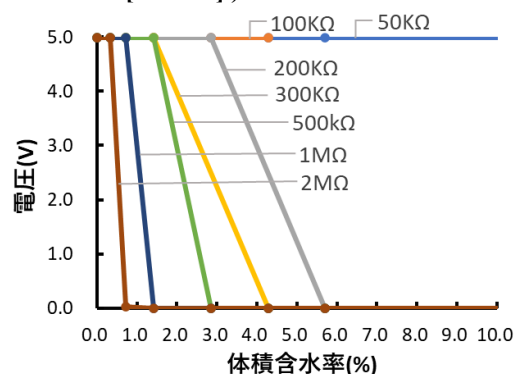


図 3 体積含水率と電圧の関係

3) 装置全体の概要

3.1~3.2 を踏まえ、図 4 の装置を作成した。左側が灌水装置、右側が可視化装置である。灌水装置の回路を図 5 に示す。ホースから 0.8m 離れた位置に炭素棒を設置しており、その地点の体積含水率が 5% 以下だとポンプが作動し、5% を超えると電源が OFF になる仕組みである。ポンプが作動するとポリバケツからプラスチック容器へ水が送られ、容器に接続された点滴灌水チューブに水が流れ込む。また、プラスチック容器にも炭素棒が設置してあ

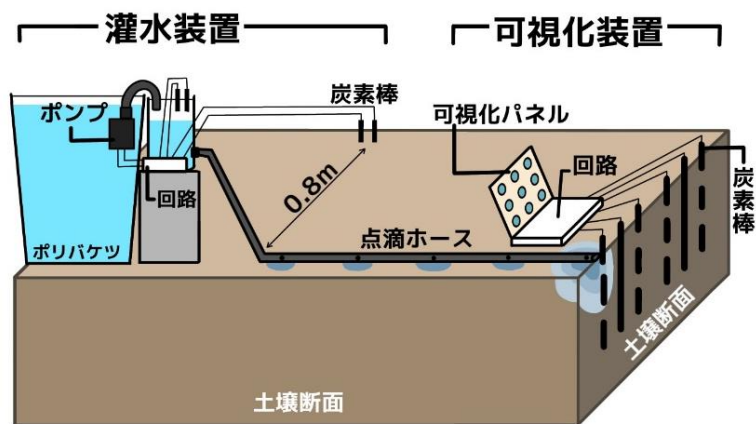
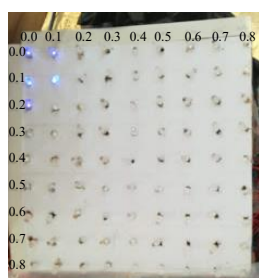
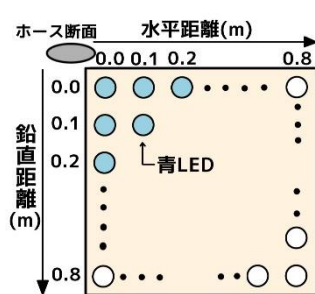


図 4 装置全体のイメージ図

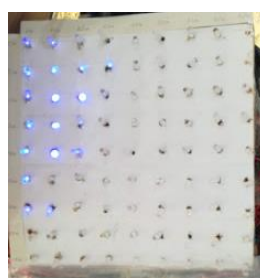
るため、容器内の水位が 20 cm となった時点でポンプが止まる仕組みとなっている。次に、可視化装置の回路を図 6 に示す。実際にはこの回路を 81 個作成しており、その炭素棒をポンプから約 2.5m の距離に埋めている。長さ 30 mm の負極炭素棒を 0.1m 間隔に埋め、間に長さ 0.8m の正極炭素棒を設置することで 81 箇所の土壌水分を検知し、体積含水率 5% を超えると対応する LED が点灯する。点灯の様子はスマートフォンで一定時間おきに自動撮影・クラウドへ転送され、常時確認することができる。前年度までは、後日現場を訪れ、穴を掘って含水比測定を行うまで土中の水分状態がわからなかったが、この装置を使用することで土壌に水分が広がっていく経過を観察することができる。

2.2. 実験結果と考察

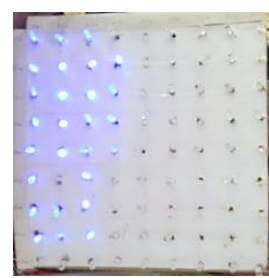
灌水装置は土壌が乾燥している場合作動し、十分な水分量に到達すると停止しており、正しく作動することが確認できた。最低限の水量で土壌水分量を適切に保つことができるため、乾燥地での自動灌水技術として有効であるといえる。しかし、誤作動により土壌水分量が上昇しても給水が止まらない場合があった。炭素棒と土壌の接触不良や炭素棒の腐食などが原因として考えられる。また、可視化装置について 3 週間経過後観察を行ったところ、図 7 のようになった。結果より、水平方向より鉛直方向に水が浸透しやすいといえる。



7 日目



14 日目



21 日目

図 7 可視化パネルの様子(設置後 7,14,21 日目)

3. おわりに

土壌水分を LED によって可視化する簡易センサーと、土壌水分量に応じて ON/OFF を自動で切替える灌水装置を作成することができた。しかし、高い含水率での MOSFET のスイッチング機能が不安定な点が課題として残っており、炭素棒や抵抗値の改良を行っている。また、電源供給にソーラーパネルを用いるなど、省電力化を図る予定である。

[参考文献]

- 1) 高橋奈瑞ほか：乾燥地の緑化対策に向けた砂の保水性改善の検討，令和元年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，III-096，pp.461-462，2020