

HYDRUS-2D を用いた野菜向け地下灌漑システムの設計手法 Designing subsurface irrigation system for vegetable production using HYDRUS-2D

坂口敦*, 佐々木英和**, 柳井洋介**

A. Sakaguchi*, H. Sasaki**, Y. Yanai**

1. はじめに

地下灌漑システムを開発する上で、地表灌漑とは異なり灌水の効果を目視できない点は大きなハードルである。特に、ハウレンソウのように一斉収穫を行う野菜を対象とした地下灌漑を行うと、地下に埋設した灌水管からの距離に応じて根圏の土壌水分分布が不均一となり、結果として野菜の生育が揃わなくなり収穫作業が煩雑になる恐れがある。したがって、土壌水分は灌水管からの距離に依らず水平方向に均一に管理される事が望ましい。本講演においては地下灌漑システムの設計に数値解析を応用した試みを紹介する。

2. 方法

ハウレンソウの栽培を行っている農研機構（つくば市観音台）地下灌漑圃場を対象として、土壌水分動態の解析を目的とした汎用的ソフトウェアである HYDRUS-2D による圃場の数値モデル化を行った。圃場において 10cm 深単位での採土およびその水分特性の計測と、20cm 深におけるテンシオメータによる 10 分間隔での土壌水の吸引圧の経時観測を実施し、モデル

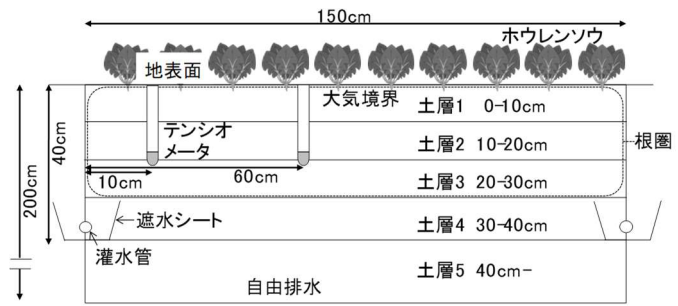


図 1 圃場断面の模式図

Dimension of experiment field

の作成に使用した。対象圃場を模して HYDRUS-2D 内に作成した圃場断面の模式図を図 1 に示す。他に灌水データと、気象データから算出したポテンシャル蒸発散量(ET_p)を境界条件として使用した。尚、雨除けハウスのために降雨浸潤はない。モデル内のサブモデルとしては水分特性に Durner モデル、根の吸水に Feddes モデルを使用し、ポテンシャル蒸散量(T_p)は次の式で表されるとした： $T_p = ET_p \{1 - \exp(-0.82LAI)\}$ 。ここで、LAI はハウレンソウの葉面積指数である。上記の仕様で作成した圃場の数値モデルに対して栽培期間前期の灌水データおよび蒸発散データを用いた土壌断面内の土壌水分の初期化を行い、次に栽培期間後期の土壌水分経時観測値を用いた逆解析によるモデル内パラメータの補正を行い、次に逆解析期間以降の栽培期間末期の土壌水分経時観測値とモデル推定値間の差異からモデルの検証を行った。最後に圃場の数値モデルを使用して、地下灌漑の設計に関わる諸要素の最適化を試みた。最適の定義を根圏の吸引圧が水平方向に pF2.0 で均一な状態と想定し、モデルの土壌断面全体に深度 20cm 横方向 10cm 間隔で観測地点を設け、全観測地点の吸引圧の栽培期間を通した pF2.0 からの差異を均一性の指標として、諸要素の値を変えた各種シナリオを検討した。尚、本最適化手法は全要素の同時最適化ではなく、本試験圃場の現行条件を基準とした 1 要素ごとの最適化である。

*山口大学 Yamaguchi university **農研機構 NARO

キーワード 水分移動, 土壌環境と植物根系, 畑地灌漑

3. 結果

図 2 に灌水管側方 10cm 深度 20cm の地点において観測した pF 値と、逆解析後の推定 pF 値を示す。尚、観測値の上下変動が激しいが、これはテンシオメータに断熱材をつけ忘れたためである。観測値は灌水により急速に低下（湿潤化）し、時間とともに徐々に増加（乾燥化）するパターンを繰り返している。逆解析により推定値は観測値と同様の経時変化を示すようになり、逆解析期間内の観測値と推定値の間の R² 値は 2 地点の合計で 0.83 を示した。

数値モデルを用いて推定した対象圃場の地下灌漑システムの最適設計値を表 1 に示す。最適値は「以内」もしくは「以上」と記されている。これは例えば、灌水管の埋設間隔であれば狭いほどより吸引圧の水平方向の均一性が高まるものの、埋設間隔を 10cm にするようなことは経済的に非現実的である。よって、吸引圧の均一性が急変する閾値を最適値としたためである。一例として図 3 に灌水管の埋設間隔を 100cm とした場合の土壤断面内の推定吸引圧分布を、また図 4 に 150cm とした場合の推定吸引圧分布を示す。図 3 と図 4 の比較からわかるように灌水管の埋設間隔を広く設定すると水平方向の吸引圧分布が不均一となり、均一性は埋設間隔が 130cm を超えると大きく低下した。灌水管の埋設深度は耕耘作業上 30cm よりも浅くできない制約があり、また浅いほど均一性が高まったために最適値を決定する事ができた。尚、最適と想定する pF 値や栽培期間内の灌水量が変われば他の値をとる。更に、全要素の同時最適化ではないのでより高い均一性を示す組み合わせが他に存在するものと考えられる。

最適条件の導出にあたり、灌水管の埋設間隔を狭めることや遮水シートの幅を広げることは施工費用を増大させるだけでなく作付けをも困難にするため、経済面および作業面も考慮する必要がある。灌水管の埋設間隔の推定最適値（130cm 以内）は本試験圃場における現行の埋設間隔（150cm）よりも狭いが、20cm の埋設間隔の差がハウレンソウの生育に及ぼす影響がどの程度あるか、その感度次第で考慮する優先順位は変わる。今後の課題として、最適化手法の改善、圃場における実証試験、および土壤水分の不均一性と生育ならびに収量の関係の解明が挙げられる。尚、表 1 は試験を行った圃場を対象とした場合であり、土壤条件、気象条件、灌水量、栽培作物などが異なる他圃場への適用には注意が必要である。

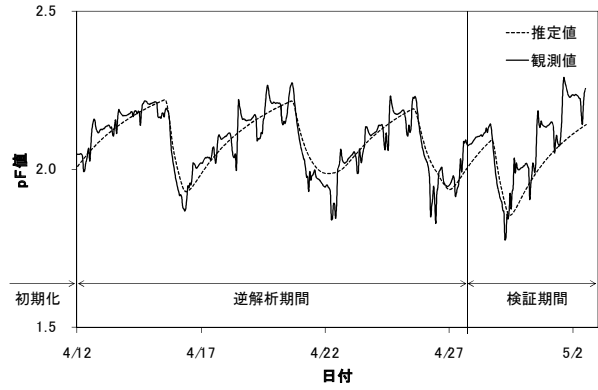


図 4 灌水管側方 10cm 深度 20cm における観測 pF 値と推定 pF 値

Observed and estimated pF value at depth of 20cm

表 1 本試験圃場における推定最適値

Estimated optimal design

灌水管の埋設間隔	130cm 以内
灌水管の埋設深度	30cm 深
遮水シートの必要性	必要
遮水シートの幅	10cm 以上

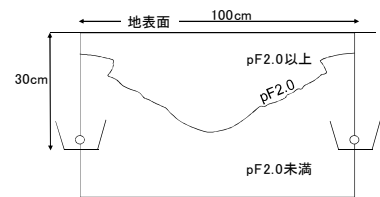


図 3 灌水管埋設間隔 100cm の場合の推定吸引圧分布

Estimated suction in scenario of pipe interval at 100cm

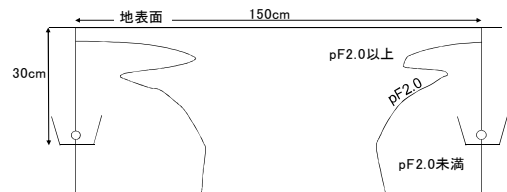


図 2 灌水管埋設間隔 150cm の場合の推定吸引圧分布

Estimated suction in scenario of pipe interval at 150cm