

再生可能エネルギー利用方式でサポートされたマイクロ灌漑の用水計画モデル Microirrigation scheduling models supported with methods using renewable energy

○山本太平*・森谷慈宙**

Yamamoto Tahei and Moritani Shigeoki

1. はじめに

本研究では、マイクロ灌漑用水計画のシミュレーション・モデルの開発と利用を目的にしている。モデルは3種類に分類される。①灌漑水と灌漑地が塩類化していない条件下において、1エプロンと1タンクが配置される1タンク方式灌漑システム、②塩類条件下において、1エプロンと1タンクが配置される1タンク方式塩水灌漑システム、③市街地灌漑を対象にして、1エプロンと2タンクが配置される2タンク方式市街地灌漑システム、である。ここでは、①の1タンク方式について取り上げた。

本モデルで用いたマイクロ灌漑システムは、降雨を集水するエプロンと貯留するタンクから構成され、灌漑面積は小規模である。さらに、降水が少ない場合を考慮して、地下水や湧水などの二次的な灌漑水源に着目し、風や太陽光を利用して貯留タンクに揚水するポンプシステムを装備する。小規模な灌漑面積は、作物生産に必要な灌漑水量が過大にならないので、各農家が個人で利用しやすく、最小限の食料自給生産も可能である。タンクや溜め池を用いた灌漑システムは、我が国やアジアの水田地帯で古来発達し、湿潤地域の食糧生産に重要な役割を果たしてきた。マイクロ灌漑は節水と塩害軽減に大きな特徴を有し、乾燥地域を中心に普及している。本モデルは両地域における適用を考慮し、小規模灌漑施設として、持続的な用水計画を目指している。

2. 用水計画のモデル設定と初期条件

本モデルは、次の①~⑥のような設定条件を有する。①タンクへの集水は、エプロンによる流出降水と風速や太陽光エネルギーによる二次水源(地下水や湧水等)のポンプ揚水である。エプロンは集水しやすい傾斜面に設定され、降雨による集水量が確保される。初期条件として集水効率を80%にした。②beginner versionでは灌漑ブロック数、栽培作物数とも1であるが、profession versionでは複数のブロック数と栽培作物が適用できる。1ブロックの面積は1ha以内であり、作物の種類は4種類以下の圃場から構成される。灌漑ブロックは、タンク周辺に点在しているが、ここでは、各灌漑ブロックにおいて、灌漑効率を一定(80%)とした。③灌漑法は少量頻繁(マイクロ)方式と比較対照のため、間断(スプリンクラ)方式を用いた。作物の計画日消費水量がマイクロ法とスプリンクラ法で同じとみなした。④有効雨量は0mm以上の日降水量の80%を総て考慮した。⑤各作物圃場において、降水量、蒸発散量、空きTRAM等を入力値に用いて有効雨量と補給灌漑水量を計算し、灌漑農地に必要な純灌漑水量を求めた。⑥タンク水は初期満水条件を示す。エプロン面積とタンク容量をゼロから少しずつ増加させて、タンク内の水収支を日単位で行う。プロジェクト期間中にタンク水が枯渇しない最小規模のエプロン面積とタンク容量を、それぞれ最適エプロン面積、最適タンク容量とした。⑦このモデルでは水面蒸発量はゼロとした。乾燥地域のような高温乾燥条件下では蒸発ロスを防止する工夫が必要とされる。

*鳥取大学名誉教授, Tottori University, **弘前大学農学生命科学部, Faculty of agriculture and life science, Hirosaki University, キーワード: マイクロ灌漑の用水計画, 再生可能エネルギー, 乾燥地, 節水灌漑

3. 計算結果

The screenshot shows the 'Form1S' software interface. The left side contains input fields for project details and irrigation parameters. The right side displays calculated results, including evapotranspiration (ET) values for various months and crop numbers, and a table of planting areas for different crop types.

Input Parameters:

- Project name = TOTTORI
- Latitude(degree) = 35.534
- Longitude(degree) = 139.767
- Altitude(m) = 30
- Evapo-transpiration in January(mm/d) ET(1) = 0.34
- First irrigation year = 1952
- Last irrigation year = 1982
- Size of water catchment apron (m2) = 0
- Incremental size of water catchment apron (m2) = 100
- Size of water storage tank (m3) = 0
- Incremental size of water storage tank (m3) = 200
- Irrigation start month(1-12) = 1
- Irrigation final month(1-12) = 12
- Min of irrigation interval(>=1 day) = 1
- Max of irrigation interval(≤MAX ET, day) = 7
- Total Ready Available Moisture(TRAM,mm) = 50
- Albedo for focused crop = 0.23
- Efficiency of harvested rain water in apron = 0.8
- Application irrigation efficiency for field = 0.8
- TANKmax_operator(Incremental capacity for focused tank designing) = 100
- TANKmax(Maximum capacity for focused tank designing) = 20000
- Step_X(Step increment of irrigation interval) = 6 / 4 / 6 / 9
- Numbers of solar/wind pump (Use≥1/No use=0) = 0 / 0
- Number of irrigated fields = 3
- Irrigated Areas (m2) = 1000
- Ratio of planting areas for forage, vegetables, deciduous and evergreen fruits(%) = 10 / 60 / 10 / 20

Calculated Results:

- ET(2) = 0.52
- ET(3) = 1.09
- ET(4) = 2.70
- ET(5) = 3.78
- ET(6) = 4.00
- ET(7) = 5.77
- ET(8) = 6.34
- ET(9) = 2.73
- ET(10) = 1.13
- ET(11) = 0.59
- ET(12) = 0.34

Table: TRAM(mm) for crop number 1-4=

50	32.5	50	32.5
----	------	----	------

Table: Max of Irrigation interval(day) for crop number 1-4=

7	5	7	10
---	---	---	----

Table: Monthly mean evapo-transpiration ET(mm/day) for crop number 1=

0.34	0.52	1.09	2.70	3.78	4.00	5.77	6.34	2.73	1.13	0.59	0.34
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Table: Monthly mean evapo-transpiration ET(mm/day) for crop number 2=

0.57	0.65	1.09	2.70	3.78	4.00	5.77	6.34	2.73	1.13	0.74	0.57
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Table: Monthly mean evapo-transpiration ET(mm/day) for crop number 3=

0.00	0.00	1.09	2.70	3.78	4.00	5.77	6.34	2.73	0.00	0.00	0.00
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Table: Planting areas(m2) for four varieties of crops in total fields:

Field NO.	Forage	Vegetables	Deciduous & Evergreen fruits
NO=1	100.00	600.00	100.00
NO=2	100.00	600.00	100.00
NO=3	100.00	600.00	100.00

表 1. モデルに用いた初期条件の一例 (Profession version)

本モデルを用いて、乾燥と湿潤気候下のプロジェクトを対象にして事例計算を行った。初期条件に気象データと灌漑要因を入力して用いた(表 1 参照)。特にプロジェクト期間が 20 年程度の長期間にわたる用水計画について検討した。その結果、適正なエプロン面積とタンク容量の規模は、エプロンによる雨水と同時に、①太陽光と風速による両ポンプ利用、②太陽光ポンプ利用、③風速ポンプ利用、④両ポンプ無し、の順序で増加した。両ポンプ利用によって、降水の多い湿潤地域では、数 100m³ 程度へのタンク規模の大幅縮小やエプロンが不必要になった。マイクロ灌漑では有効降雨の増加による節水効果と同時に、エプロンとタンクの規模が節減できる効果があげられた。一方、このような利点は降水の少ない地域ほど低くなる。水消費の厳しい乾燥地では雨水の利用だけではタンクとエプロンの規模が過大になるので複数のポンプ、特に太陽光を利用したポンプの重要性が指摘された。

4. あとがき

ここで開発した、マイクロ灌漑のモデルは灌水面積が 1ha 以内の小規模システムであり、降雨の流出水を導入するエプロンと貯留するタンクを有する。さらに降水の少ない期間には、再生可能エネルギーの太陽光と風速利用のポンプを用い、地下水や湧水等をタンクに揚水して、追加貯留できる。降雨の流出水が利用できることから、水資源の直接の節約につながり湿潤地域ほど大きな効果が期待される。一方、揚水ポンプを利用できるので、降水の少ない乾燥地域にも適用できる。揚水ポンプを自然エネルギーの日照時数と風速で稼働できることは省エネルギーにつながり、持続的な灌漑農業が展開できる効果的なシステムになろう。