

再生可能エネルギーと 2 タンク方式利用でサポートされたマイクロ灌漑の用水計画

## Microirrigation scheduling supported with methods using renewable energy and two water recharged tanks

○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としている。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塩類化した灌漑水と農地条件下において 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農地のみならず市街地の生産緑地条件下において 1 エプロンと 2 タンクが配置される 2 タンク方式灌漑システム、である。ここでは、③の 2 タンク方式について検討する。

本研究では、乾燥と湿潤気候下の主要都市を中心に、70 箇所以上の灌漑プロジェクトを想定してモデルの事例計算を行った。大部分の気象データは米国の NOAA database システムの website を利用させていただいた(US department of Commerce, 2012)。なお、モデルは beginner version と profession version のサブモデルから構成され、モデル構築に用いたプログラム言語はマイクロソフト 2008 visual basic である。

### 2. 用水計画のモデル設定と初期条件

本方式では、まず雨水がエプロンで集水され地上部付近の 1 次タンクに貯水される。次に当日の太陽光を利用した(太陽光)ポンプまたは風速を利用した(風速)ポンプによって、高位部に位置する 2 次タンクに貯留される。受益地(灌漑ブロック)では、2 次タンクを中心に、その周辺域に屋内と屋外(露地)のフィールドが一定の割合で分布し、自然圧利用の灌漑が行われる。本モデルは、次の①~④のような設定条件を有する。①1 次タンクへの集水は、エプロンによる流出降水であり一定の集水効率を有する。集水効率は user が任意に入力できるがここでは 80%で検討した。太陽光または風速利用によるポンプ揚水を貯留する 2 次タンクは 1 灌漑ブロックごと 1 基が配置される。1 次と 2 次タンクは、共に初期満水状態である。太陽光と風速ポンプの機数はそれぞれ任意に設定できるが、初期値は共に 1 が入力されている。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。モデルでは最大で 4 灌漑ブロックと 4 作物種が準備される。1 ブロックの最大面積は任意に設定できるが、ここでは 3000m<sup>2</sup> 以内で検討を行った。屋内と屋外の面積割合も任意に設定できる。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)方式を設定した。灌漑効率は任意に設定できるが、両灌漑法とも 80%で検討した。作物の計画日消費水量は、各灌漑法で、また屋内と露地において同じとみなし、共通の値を用いた。④計算には日データが基準になる。露地では、根群域の水収支から生長有効水分量、有効降水量、補給灌漑水量を求める。屋内の場合は、日降水量をゼロとして、屋内の生長有効水分、屋内の補給灌漑水量が得られる。⑥両タンクの適正容量は、まず 2 次タンクを最初に計算し、次に 1 次タンクに移った。タンク容量をゼロから 10m<sup>3</sup> 刻みで増加させ、灌漑期間にタンク水が枯渇しない最小容量を求めた。1 次タンクでは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枯渇しない最小値を、それぞれ最適エプロン面積、最適タンク容量とした。

\*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

2.の設定条件に基づき、各プロジェクトの初期条件と日気象データを入力して計算に用いた(Fig.1)。ここでは、1950年～2010年の気象データ、灌漑ブロック数1～4、1灌漑ブロック面積1000～3000m<sup>2</sup>、共通条件として屋内と露地の割合が10%と90%、作物が4種類(牧草10%、野菜60%、落葉果樹10%、常緑果樹20%)のフィールド条件を取り上げた。各プロジェクトの設定条件下において、1次タンクの最適容量(TNK)と最適エプロン面積(APR)に関し、APR=0の最適タンク容量(TNK<sub>a=0</sub>)とAPR=5000m<sup>2</sup>における最適容量(TNK<sub>a=5000m<sup>2</sup></sub>)は、降水の多いプロジェクトほど小さく、乾燥条件が厳しいほど増加する。即ち、TNK<sub>a=0</sub>とTNK<sub>a=5000</sub>の値は湿潤地<亜湿潤乾燥地<半乾燥地<乾燥地<極乾燥地の順になる。また、高緯度より中緯度、低緯度の乾燥地ほど大きい値を示す。TNKとAPRの関係において、その直線勾配は、最適タンク容量の減少比率(R<sub>a</sub>)を表す。R<sub>a</sub>の年平均値は湿潤地で-1.0以下、乾燥地で-0.1～-1.0、極乾燥地で0～-0.1、を示した。2次タンクの適正容量は、太陽光または風速ポンプによる日揚水量と各灌漑ブロックが必要とする日補給灌漑水量とのバランスによって決定される。殆どのプロジェクト地において、太陽光が風速のポンプより効果的であり、小規模のタンク容量を示した。2次タンク容量を数百m<sup>3</sup>以内に保つには、太陽光タンクの機数が湿潤地や高緯度の乾燥地では1機、中緯度の乾燥地では2機、極乾燥地や低緯度の亜湿潤乾燥地では3機以上必要であった。

Project name = MUUS  
 Latitude(degree) = 39.01  
 Evapo-transpiration in January(mm/d), ET(1)= 0.00  
 First irrigation year= 1981 ET(2)= 0.00  
 Last irrigation year= 1985 ET(3)= 0.00  
 Total irrigated areas(m2)= 1000 ET(4)= 2.83  
 Number of irrigated fields including indoor and open ones = 3 ET(5)= 4.19  
 \*Maximum percentages of open areas (%) = 90 ET(6)= 4.96  
 \*Minimum percentages of indoor areas (%) = 10 ET(7)= 5.39  
 \*Total irrigated areas =indoor field + open field=100% ET(8)= 4.51  
 Size of water catchment apron (m3) = 0 ET(9)= 2.66  
 Incremental size of water catchment apron (m2) = 50 ET(10)= 0.00  
 Size of water storage tank 1(m3) = 0 ET(11)= 0.00  
 Incremental size of water storage tank (m3) = 100 ET(12)= 0.00  
 Size of water storage tank 2(m3) = 0  
 Irrigation start month(1-12)= 1  
 Irrigation final month(1-12)= 12  
 Min of irrigation interval(>=1 day) = 1  
 Max of irrigation interval(TRAM/MAX ET, day) = 9  
 Total Ready Available Moisture(TRAM,mm)= 50  
 Efficiency of harvested rain water in apron = 0.8  
 Application irrigation efficiency for field = 0.8  
 Numbers of solar/wind tank (use≥1/no use=0)= 1 / 1  
 TANKmax\_operator(Incremental capacity for focused tank designing) = 100  
 TANKmax(Maximum capacity for focused tank designing) = 10000  
 Step\_X(Step increment of irrigation interval) = 8 / 5 / 9 / 11  
 Planting areas for forage, vegetables, deciduous and evergreen fruits(%) = 10 / 60 / 10 / 20

Table Form1S\_1  
 Project name=MUUS  
 Latitude=39.01  
 Altitude=0  
 First year=1981  
 Last year=1985  
 Start month=1  
 Final month=12  
 Min. INTERVAL(day)=1  
 Indoor field areas(m2)= 100  
 Open field areas(m2)= 900  
 APRON(m2)=0  
 TANK1(m3)= 0  
 TANK2(m3)= 0  
 Increment of Apron(m2)=50  
 Increment of tank(m3)= 100  
 Albedo for crop= 0.23  
 Efficiency of harvested rain water= 0.8  
 Application irrigation efficiency= 0.8  
 Numbers Solar/Wind pumps=1/1  
 Field number = 3  
 Max. of tank(m3)=10000  
 Operator number of tank maximum= 100  
 Number of Tank volume=100  
 Step increment of irrigation interval for each crop=8 5 9 11  
 TRAM(mm) for crop number 1-4=  
 50 35 50 35  
 Planting areas(m2) for four varieties of crops in total open fields:  
 Field NO. Forage Vegetables Deciduous & Evergreen fruits  
 NO=1 90.00 540.00 90.00 180.00  
 NO=2 90.00 540.00 90.00 180.00  
 NO=3 90.00 540.00 90.00 180.00  
 Planting areas(m2) for four varieties of crops in total indoor fields:  
 Field NO. Forage Vegetables Deciduous & Evergreen fruits  
 NO=1 10.00 60.00 10.00 20.00  
 NO=2 10.00 60.00 10.00 20.00  
 NO=3 10.00 60.00 10.00 20.00  
 Max of Irrigation interval(day) for crop number 1-4=  
 9 6 10 12  
 Monthly mean evapo-transpiration ET(mm/day) for crop number 1=  
 0.00 0.00 0.00 2.83 4.19 4.96 5.39 4.51 2.66 0.00  
 0.00 0.00  
 Monthly mean evapo-transpiration ET(mm/day) for crop number 2=  
 0.25 0.49 1.03 1.77 1.72 3.31 5.67 4.17 1.57 1.00  
 0.49 0.22  
 Monthly mean evapo-transpiration ET(mm/day) for crop number 3=  
 0.00 0.00 0.00 0.00 2.22 3.86 4.82 4.27 2.66 0.00  
 0.00 0.00  
 Monthly mean evapo-transpiration ET(mm/day) for crop number 4=  
 0.27 0.54 1.03 1.77 2.46 2.75 2.55 2.13 1.41 0.90  
 0.49 0.22

Fig.1 Initial conditions in Mu Us Shamo of China (Profession version)

2タンク方式では溜池、地下水、湧水池などの安定水源が1次タンクとして代用できるが、エプロンの導入は新しい水源開発に重要な役割を果たす。さらに、2次タンクの揚水ポンプに自然エネルギーを利用することにより、より持続的なマイクロ灌漑が期待できる。