

気象データを利用した土壌水分の推定手法 A Presumed Method of Soil Moisture Using Weather Data

○有森正浩*・遠藤 泰*
ARIMORI Masahiro, ENDO Yasushi

1. はじめに

降水量，気温，湿度などの気象データから土壌水分を推定することができれば，畑地かんがい計画の策定や，実際の圃場における土壌水分の管理などに役立てることができる．本報では，タンクモデルの手法を用いた簡単なモデルで土壌水分を推定する試みについて報告する．

2. 土壌のタンクモデル化

モデル化の前提として次のように仮定した．降雨時，土壌表面から浸透してきた水は，粗間隙土壌の入り込み易い空隙を満たしながら，微細間隙土壌の細かくて入り込みにくい空隙に徐々に移動していく，微細間隙土壌に移動しきれない過剰水は地下浸透水や地表流出水となる．また蒸発散が行われているとき，水は粗間隙土壌を通して上昇する．同時に微細間隙土壌の水は粗間隙土壌側に徐々に移動していく．このとき毛管現象による上向き補給水も発生する．(Fig.1)

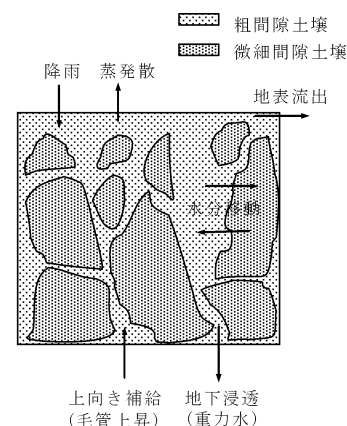


Fig.1 土壌水移動の概念
The concept of soil moisture movement

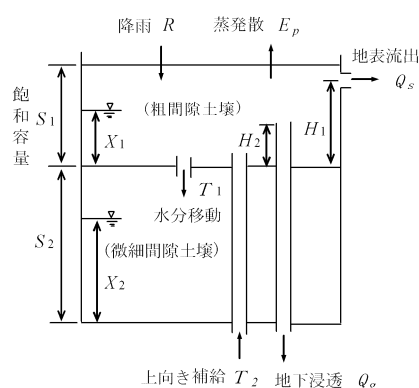


Fig.2 土壌のタンクモデル
The Tank model of soil

このような土壌水の動きをもとにして，作成したタンクモデルの図と計算式を Fig.2 に示す．このモデルは，菅原¹⁾が土壌の乾湿を考慮した河川の流出解析に用いたタンクモデルを参考としている．計算式の(1)，(2)は一般的なタンクモデルの式である．

(3)式は水分が湿った土壌から乾いた土壌に移動する現象を表している¹⁾．(4)式は毛管現象による上向き補給水の式であり，粗間隙土壌が乾いているほど上向き補給水が多くなる現象を表している¹⁾．

蒸発散比 (Ep/E) は地面が湿っているとき，ほぼ 1 になる．ある程度乾燥が進むと蒸発散

$$Q_s = a_1 \times (X_1 - H_1) ; \text{ただし } X_1 \leq H_1 \text{ のとき } Q_s = 0 \quad (1)$$

$$Q_g = a_2 \times (X_1 - H_2) ; \quad \text{ただし } X_1 \leq H_2 \text{ のとき } Q_g = 0 \quad (2)$$

$$T_1 = b \times (X_1/S_1 - X_2/S_2) \quad (3)$$

$$T_2 = c \times (1 - X_1/S_1) ; \text{ただし } Q_g > 0 \text{ のとき } T_2 = 0 \quad (4)$$

$$E_p = E_p / E \times E ; E \text{ はペンマン式により算定} \quad (5)$$

$$E_p / E = 1 / [1 + f \times \exp(-g \times X_1 / S_1 / E)] \quad (6)$$

$S_1, S_2, H_1, H_2, a_1, a_2, b, c, f, g$ はモデル定数

$S_1: 44.69 \text{ mm}, S_2: 203.58 \text{ mm}, H_1: 38.00 \text{ mm}, H_2: 36.00 \text{ mm}$

$a_1: 0.300, a_2: 0.200, b: 0.015 \text{ mm}, c: 0.100 \text{ mm}, f: 6.000, g: 1.500$

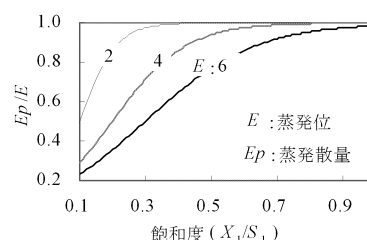


Fig.3 土壌の飽和度と蒸発散比の関係
The degree of soil saturation and Ep/E relationship

* 東北農政局馬淵川沿岸農業水利事業所，Tohoku Regional Agricultural Administration Office, Mabechiengan Agricultural Water Utilization Office, Key words: 土壌水分，タンクモデル，畑地かんがい

比は小さくなり，蒸発位が高いほど蒸発散比の減少率は大きくなる²⁾ (Fig.3).

(6)式はこの特性を表す近似式である．蒸発位は降水量，気温，湿度などの気象データを用いてペンマンの式により計算する．飽和容量 S_1 ， S_2 は土壌の間隙量(高さで表す；mm)である． S_1+S_2 は土壌の物理性試験から求められるが， S_1 と S_2 を区分けしてそれぞれの値を求めることは難しい．このため他のモデル定数と同じように試算により決めている．

3. 計算結果とまとめ

地表から 40 cm 厚の土壌についてタンクモデルの計算を行った．対象とした地点は岩手県北部の火山灰性土壌の畑で，土性は L，CL である．気象データは現地観測した値を用いた．計算期間は 2005 年 4 月 19 日～7 月 31 日で，計算の時間刻みは 1hr である．(モデル定数は Fig.2 の数式欄の末尾)

Fig.4 は土壌水分の計算結果である(40 cm 厚の平均値)．実測値を併記しているが計算値とほぼ合っている．それぞれの値は日平均値で示している．土壌水分の実測値は，10 cm 間隔(鉛直方向)で埋設したテンシオメーターで測定した値の平均値である．

Fig.5 は蒸発位，蒸発散量，上向き補給水量の計算結果である．蒸発位が高くても蒸発散量が小さい時期があり，土壌が乾燥すると蒸発散が抑制される現象が表現されている．計算期間中の蒸発散比は平均で 0.88 であり，一般的とされる値 0.6～0.8 に近い値となっている．上向き補給水は 5 月上旬，7 月下旬の土壌が乾燥しているとき多く，7 月上旬のように雨が多いとき少なくなっている．計算期間中の平均値は 1.02 mm day^{-1} であり，他地区の火山灰性土圃場の実測値³⁾ $1 \sim 1.5 \text{ mm day}^{-1}$ と比較してもその範囲内である．

Fig.6 は地表流出水量と地下浸透水量の計算値と近傍河川流出量(モデルの対象圃場から約 500m 離れた地点)の実測値を比較したものである．計算で地表流出・地下浸透が発生するようなとき河川流出量も増えており，両者の間には明瞭な相関関係が見られる．

以上のように本モデルは，土壌水分の変動状況をおおむね再現している．このモデルは L，CL の土壌を対象としたが他の土性でも適用可能か，また土層厚や土の締まり具合・団粒分布等土壌環境を変えても対応可能かなど，今後の課題として検討していきたい．

参考文献

- 1)菅原正巳(1979)，続・流出解析法，pp25-30，
- 2)山口伊佐夫(1996)，応用山地水文学，pp45-46
- 3)竹内晴信(2005)，湿潤地帯の土地利用型畑作物に対する灌水技術の課題，土壌の物理性，100，p61

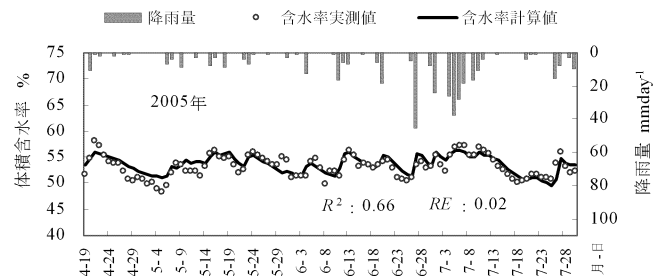


Fig.4 タンクモデルによる土壌水分の計算結果
Result of moisture level calculations using the Tank model

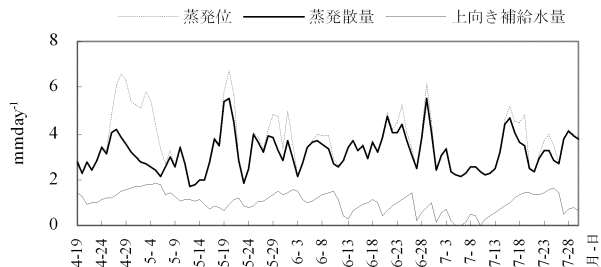


Fig.5 蒸発位，蒸発散量，上向き補給水量の計算値
Calculation values of potential evaporation, quantity of evaporation and amount of capillary lift

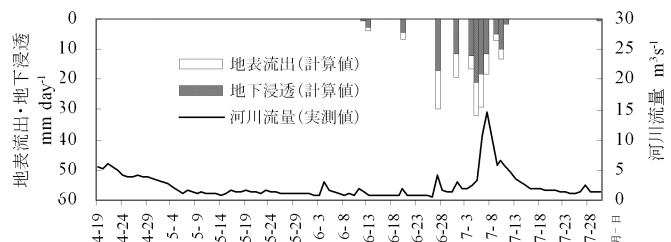


Fig.6 地表流出・地下浸透の計算値と近傍河川流出量の比較
Comparison of calculation values of surface runoff, gravitational water and runoff levels of near-river area