

24 時間容水量と灌水直後の水分量の違い：より適切な灌水量決定法の提案
 Difference in soil water profiles of field capacity and after irrigation of TRAM: Method to determine maximum amount of water during one irrigation period

○岩田幸良¹⁾, 宮本輝仁¹⁾, 亀山幸司¹⁾

Y. Iwata¹⁾, T. Miyamoto¹⁾ and K. Kameyama¹⁾

1. はじめに 1 回に灌漑できる水量の最大値である全容易有効水分量 (TRAM: Total readily available moisture) を決定する上で、24 時間容水量は土壌が貯留できる水分量の上限として重要なパラメータである。土地改良事業設計基準及び運用・解説 計画「農業用水 (畑)」(以下、計画基準) では、24 時間容水量は「十分な降雨またはかんがいの後、ほぼ 24 時間経過したのち、土壌中に残留される水分」と説明されている。制限土層が生長阻害水分点に到達した時点で TRAM に相当する灌漑水を与えると、少なくとも有効土層の土壌水分の鉛直プロファイルは、24 時間容水量と同じになるという仮定の下で TRAM が計算される。しかし、動的に土壌水分移動を扱うことが難しかったことから、限られた灌漑水量を与えたときに、本当に 24 時間容水量と同様の水分プロファイルになるかについてはあまり検討されてこなかった。また、計画基準では「24 時間を経過すれば標準条件下の土壌では大部分の重力水は排除され、残る重力水も、根毛の活発な吸水により大部分が有効利用されるとの考え方に基づいている」と説明しているが、灌漑を実施したときに根群域よりも下層に浸透した水が有効に作物に使われるかどうかを検討した事例も少ない。そこで本報告では、数値シミュレーションを実施することでこれらの問題について検討した結果と、そこから考えられるより適切な灌漑水量の決定方法の提案について報告する。

2. 試験方法 土壌水分移動の数値シミュレーションを、コンピュータソフトウェアの HYDRUS-1D を用いて実施した。地下水位のない深さ 2m までの均一な土層を仮定した。HYDRUS-1D の土壌データベースから、飽和透水係数の比較的大きな Loamy Sand と Loam を土壌物理パラメータとして選択し (Table 1)、不飽和透水係数を van Genuchten- Mualem モデルにより推定した。根群域を深さ 0~30cm とし、作物根が均一に分布すると仮定した。Feddes モデルを使用し、HYDRUS-1D のデータベース中の小麦のパラメータを用いて根の吸水量を計算した。全層の圧力水頭が-100 cm の土壌水分状態を初期値とし、蒸発量 1 mm d⁻¹、蒸散量 3 mm d⁻¹ の条件で 5 日間経過した後、24 時間かけて 300 mm の降雨を与えた。その後、上記と同じ蒸発散の条件で計算を実施し、表層の土壌水分状態が生長阻害水分点である圧力水頭-1000 cm を超える日をメインの計算期間の初日とし、この日の朝 7 時から 3 時間かけて任意の灌漑水量を与えた。24 時間容水量を求めるための計算では、蒸発散量が無い条件で土壌水分プロファイルの推移を計算した。また、作物栽培条件における土壌水分移動を調べるため、灌漑終了後に上記と同じ蒸発散量を与えた場合についても、同様に計算を実施した。有効土層を 40cm、SMEP を 4 : 3 : 2 : 1 と仮定し、上記のシミュレーションで求めた 24 時間容水量と水分特性曲線から求めた生長阻害水分点の土壌水分量を用いて TRAM を算出し、灌水量として与えてシミュレーションを実施した。

表 1 数値計算に用いた土壌物理パラメータ

Table 1 Soil physical properties used for the calculation

	K_s (cm s ⁻¹)	θ_s (m ³ m ⁻³)	θ_r (m ³ m ⁻³)	α (cm ⁻¹)	n	l
Loamy Sand	4.05×10 ⁻³	0.41	0.057	0.124	2.28	0.5
Loam	2.89×10 ⁻⁴	0.43	0.078	0.036	1.56	0.5

1) 農研機構農村工学研究部門 Institute for Rural Engineering, National Agriculture and Food Research Organization

キーワード：畑地灌漑計画, 水フラックス, 数値シミュレーション

3. 結果と考察 ①TRAM に相当する灌漑水量を与えた後の水分

プロファイルと 24 時間容水量の水分プロファイルの違い：灌漑直前、ならびに 100 mm の灌漑から 24 時間経過後の土壤水分量の鉛直分布を図 1 に示す。Loamy Sand は 50 mm 以上で、Loam は 100 mm 以上で灌漑終了から 24 時間後の水分プロファイルに変化がなかった。そこで、100 mm の灌漑水量は 24 時間容水量の定義にある十分な灌漑水量に相当すると考え、この水分プロファイルを 24 時間容水量とした。24 時間容水量の土壤水分量は深さ方向に一定ではなく、特に Sandy Loam は下層ほど水分量が大きくなった。そこで、表層付近の深さ 5 cm の水分量をこれらの土壤の 24 時間容水量として採用し、TRAM を計算したところ、Sandy Loam は 16.8 mm、Loam は 48 mm となった。これらの灌漑水量を与えてから 24 時間後の水分プロファイルは、表層では 24 時間容水量とほぼ等しいか若干低い程度であったが、根群域下端の深さ 30 cm 付近やそれよりも深い土層では水分量が顕著に低くなった (図 1)。

②根群域より下層に浸透した水は植物に有効利用されるか？

TRAM を与えてから 24 時間後の水分プロファイルは、Loamy Sand は深さ 35 cm まで土壤水分が増加しており (図 1 a)、根群域よりも下層への顕著な浸透は生じていないと考えられる。一方、Loam は深さ 40cm 以深まで土壤水分が増加している (図 1 b)。根群域よりも下層に浸透した水が作物に有効利用されるかどうかを調べるため、間断日数における根群域下端 (30 cm 深) の水フラックスの積算値を計算したところ、Loamy Sand では灌漑水量が 15 mm で積算水フラックスが 0 mm になり (図 2 a)、TRAM とほぼ等しかった。一方、Loam では灌漑水量が 35 mm で 0 mm になり (図 2 b)、24 時間容水量を用いて計算した TRAM よりも 13 mm 少なかった。このことから、Loam では、TRAM を基準に灌漑した場合には多くの水が下方浸透により作物に有効利用されないと考えられる。

③最大灌漑水量の新しい計算方法の提案

上記のように、24 時間容水量は灌漑後の水分プロファイルとは一致せず、そこから計算される TRAM を灌漑しても全ての水が作物に有効利用されない場合があることが明らかになった。一方、数値シミュレーションを実施することにより、図 2 のように間断日数期間中の根群域下端の積算水フラックスが計算できるため、この積算値が 0 mm になる灌漑水量を計算することで、より合理的に 1 回の灌漑水量の最大値の決定が可能になると考えられる。

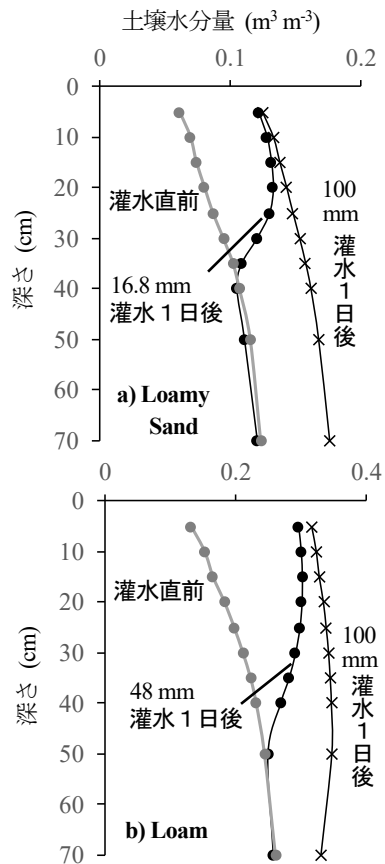


図 1 灌漑直前と灌漑後の土壤水分量の鉛直分布 ; Fig. 1. Vertical distribution of soil water content before and one after the irrigation.

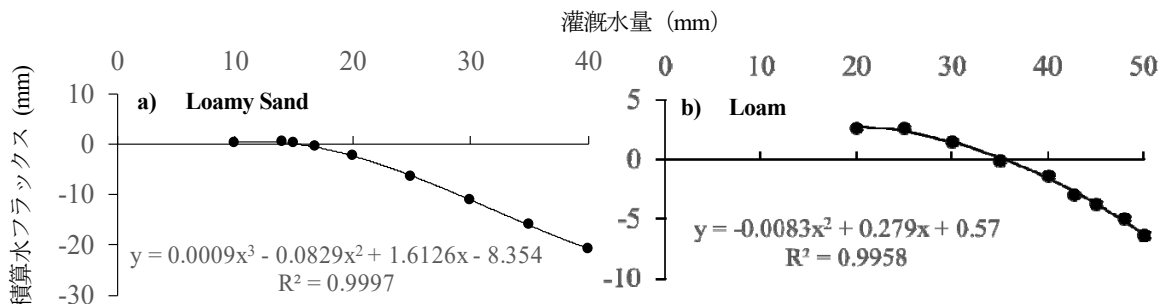


図 2 間断日数期間における根群域下端 (30 cm 深) の積算水フラックスと灌漑水量の関係 ; Fig. 2. Relationship between accumulate soil water flux at 0.3 m depth during the irrigation interval and amount of irrigation water.