

耕盤上の土壌水分変動から導出した逡減曲線を用いた圃場排水性の定量評価 Quantitative Assessment of Field Drainage Performance Using Depletion Curves Derived from Soil Moisture Variations above the Hard Pan Layer

○瑞慶村 知佳, 長利 洋, 宮本 輝仁
ZUKEMURA Chika, OSARI Hiroshi, and MIYAMOTO Teruhito

1. はじめに

近年、水稻中心の営農から畑作物や野菜等を水田で作付けする水田の畑地化や汎用化が求められている。元々、湛水しやすい土壌構造を持つ水田において、畑地化や汎用化を実現するには排水改良は必須であるが、適切な排水対策を講じるためにも、圃場の排水性を把握することは重要である。これまで、水田転換畑の圃場排水性は、対策を実施した改善区と対照区において、排水対策技術以外の条件をなるべく同じにすることで、圃場間の地下水位や湛水時間、暗渠や落水口からの排水量、土壌吸引圧、土壌水分量などを比較することで評価されることが多かったように、対照区に対する改善区の排水性を判断する定性的な把握に留まっていた。

これまでの研究において、土壌水分センサやテンシオメータなどの設置深さは、作土の平均的な土壌水分の値を得るために、作土中央付近である深さ 10–15cm 付近に設置する場合が多い。しかしながら、水田転換畑の場合、多くは堅い耕盤層が存在し、耕盤層以深への浸透量よりも降水量等が上回ると耕盤上に滞水が発生するなど、特徴的な土壌水分移動が観察される (Tabuchi, 2004)ことから、著者らは、耕盤層の位置を基準にセンサの設置深さを決定することで、圃場の取り巻く環境を含めた特徴を包括する土壌水分変動が得られると考えた。

そこで、本研究では、現地の水田転換畑の耕盤上で観測した体積含水率 (以下、 θ とする)の連続データから、土壌水分逡減曲線 (詳細は後述)を構築し、水田転換畑の圃場排水性の定量的な評価を試みた。

2. 研究手法

4 県 5 地区の大豆を作付けする水田転換畑において、排水対策を実施した改善区と対照区を計 11 圃場設定した。2018 年 7–8 月から 10–11 月の各地区の大豆栽培期間中に、キャパシタンス式土壌水分計 (METER 社の 10HS センサ)を耕盤上 2–3cm 上に水平方向に設置し、1 時間おきに出力値を記録した。また、10HS センサ設置の際に作土下部を 100cc コアサンプラーで採取し、乾燥密度を把握した。得られた θ データは、各地区の乾燥密度を踏まえ、Zukemura *et al.* (2023)を用いて校正した。

土壌水分逡減曲線は以下の手順で求めた。まず、観測した θ の連続データについて、4 時間以上連続して、1 時間前のデータに対し θ が減少しているイベントをすべて抜き出した (Fig. 1 ; 例として、11 圃場のうち 1 圃場のみ示す)。抜き出した各イベントの起点 ($t=0$)となる θ が大きい順にイベントを並べ直し、起点の θ が最も大きいイベントに対し、2 番目に大きいイベントを比較し、両者の重なり具合を見ながら、必要に応じて、起点の位置を $t=0$ から $t=i$ の時間軸方向に平行移動させた。これを抽出した θ の減少イベントすべてに対し作業を繰り返した。これらの作業で得られた $t=i$ の平均値を繋ぎ合わせた曲線 (Fig. 2 の太い実線)を土壌水分逡減曲線として得た。

3. 結果 及び 考察

11 圃場の抽出した土壌水分の減少イベントのイベント数は、平均で 62.7 個であった。 θ の各減少イベントの継続時間の最大値は、平均で 33.8 時間であったが、起点の位置を平行移動することで、土壌水分逓減曲線の長さは平均で 116.9 時間に延びた。

11 圃場のうち、耕うん同時畝立て播種を実施した区 (Fig. 2 (a))と不耕起栽培を実施した区 (Fig. 2 (b))の土壌水分逓減曲線を示す。この 2 圃場は同じ地区で、慣行で不耕起栽培を取り入れている地区である。不耕起栽培の圃場の耕盤層までの深さが 11cm に対し、耕うん同時畝立て播種の圃場は 18cm と作土が厚くなった。Fig. 2 (a)は、起点から 24 時間までの間に、土壌水分が大きく減少し、その後緩やかに減少した。耕うんと畝立てにより、作土が膨軟となり、作土が厚くなったことから、多少の降雨では作土下部の土壌水分が大きく上昇しなかったことから、土壌水分逓減曲線の長さが長くなったと考えられた。一方、Fig. 2 (b)の起点から 24 時間までの間の土壌水分の変化量は、(a)と比べると小さかった。

耕盤層までの距離が短く、多少の降雨でも作土下部の θ がすぐに上昇したため、土壌水分の減少イベントの連続時間はいずれも短く、土壌水分逓減曲線の長さもやや短めになったと考えられた。

起点 ($t=0$)の θ を飽和度 1.0 として、起点から 12 時間後、24 時間後、48 時間後の θ の飽和度 (S_{12} , S_{24} , S_{48})を算出した。 S_{12} , S_{24} , S_{48} を Table 1 に示す。 $|1-S_{24}|$ の値は 0.07-0.32 と値の分布の幅が広がったのに対し、 $|S_{24}-S_{48}|$ は 0.04-0.10 と分布の幅が狭かった。畑地灌漑計画では 24 時間圃場容水量が目安の数値となっていることも踏まえると、導出した土壌水分逓減曲線の中でも、 S_{24} は圃場の排水性を表す重要な指標になり得ると考えられた。

4. おわりに

Fig. 2 では、耕盤層までの深さや作土の状態が異なる圃場で得られた土壌水分逓減曲線を示した。耕盤上で土壌水分を測定したことで両者の土壌水分変動の違いがより鮮明になったと考えられた。また、飽和度で表すことで、圃場条件が異なってもその値を比較できる可能性が示唆された。土壌水分逓減曲線を導出する際に、解析する者の感覚に依存する部分が多少なりともあることから、今後は解析する者の感覚をできるだけ必要としない指標の検討が望まれる。

*引用文献: Tabuchi (2004), *Paddy Water Environment*, 2, pp. 5-10

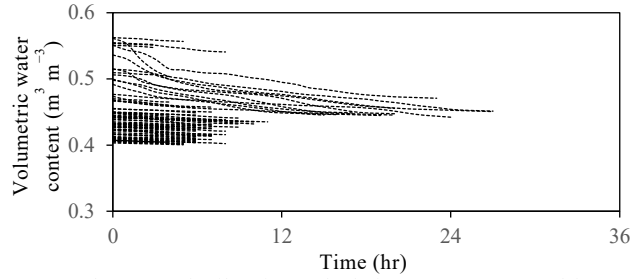


Fig. 1 The event of soil moisture depletion process extracted from time-series data of volumetric water content (assuming all starting points are set at $t=0$)

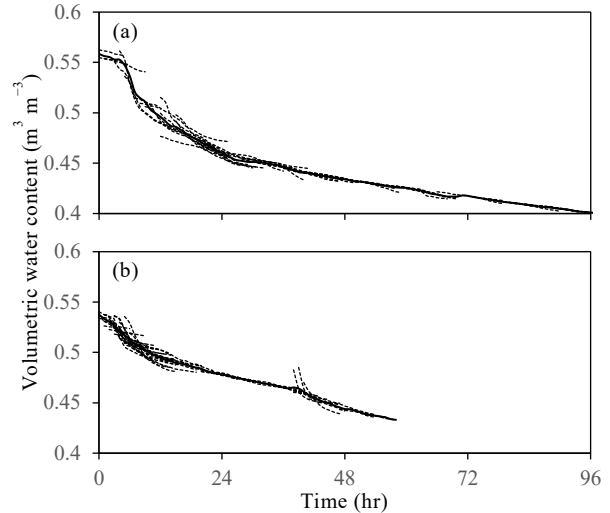


Fig. 2 The soil moisture depletion curves from the soil moisture depletion process events. The upper figure shows fields where simultaneous tillage and ridge planting were conducted, while the lower figure shows fields where no-till cultivation was carried out.

Table 1 S_{12} , S_{24} , and S_{48} of each field

Field No.	S_{12}	S_{24}	S_{48}
1	0.89	0.82	0.78
2	0.92	0.89	0.83
3	0.94	0.84	0.76
4	0.88	0.82	0.75
5	0.95	0.91	0.84
6	0.74	0.71	0.67
7	0.93	0.89	0.83
8	0.97	0.92	0.82
9	0.97	0.93	0.85
10	0.77	0.68	0.62
11	0.90	0.83	0.73