

鏡面冷却露点計による生長阻害水分点付近の水分特性曲線決定の効率化の検討 Optimization of the process to determine soil water characteristic curves near wilting point

○岩田幸良¹⁾, 亀山幸司¹⁾, 宮本輝仁¹⁾

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

1. はじめに 土壌物理性の重要な評価指標の一つとして水分特性曲線がある。土壌水分定数の 1 つの永久しおれ点はこれまで、加圧板法や遠心法により値が決められてきたが、前者は平衡までにかかなりの時間がかかること、後者は圧縮の影響等により土壌構造が変化することで土壌によっては正確な値が得られないことが問題であった。そこで近年、鏡面冷却露点計による土壌のマトリックポテンシャル(以下、pF 値)の測定により永久しおれ点付近の水分特性曲線を求めることが一般的になりつつある。鏡面冷却露点計は水分調整した試料の pF 値を測定することから、任意の pF 値における土壌水分量を求めるためには観測結果を補完する必要がある。しかし、鏡面冷却露点計により得られたデータから任意の pF 値に対応した水分量を求める方法についての標準的な方法は確立されていない。水分特性曲線を求める試験において鏡面冷却露点計を単独で用いることは少なく、この手法では測定が難しい高水分領域は水柱法や砂柱法、加圧板法を併用するのが一般的である。そこで本報告では、永久しおれ点付近の水分特性曲線をなるべく労力がかからず、かつ正確に推定できる手法を確立することを目的として、van Genuchten モデル等の水分特性曲線の曲線型を表現するモデルを用い、なるべく少ない測定回数で永久しおれ点付近の水分特性曲線が正確に求める方法を検討した。

2. 材料と方法 供試土壌として、10 年以上栽培を実施した香川県農業試験場のアスパラガス栽培温室の Ap 層と、島根県出雲市のアズキ栽培圃場の C 層から、それぞれ 100 cm³ 円筒サンプラーを用いて未攪乱土壌を 3 個ずつと攪乱土を採取した。いずれの土壌も水田転換畑の沖積土である。これらの試料を実験室に持ち帰り、未攪乱土を毛管飽和した後、pF1.5 までを砂柱法で、pF1.8~pF3.0 を加圧板法で任意の pF 値に調整し、そのときの体積含水率(以下、 θ)を重量法で求めた。また、攪乱土を 50 cm³ 円筒サンプラーに充填し、毛管飽和後に加圧板法で pF3.0 に水分調整した後、鏡面冷却露点計(Meter 社, WP4T; 以下、WP4T)で測定するための 3 つの容器に分けた。室内に放置して徐々に乾燥させることで水分調整し、WP4T で pF 値を測定した後、重量法で含水比を測定した。含水比は、未攪乱土壌サンプルから得られた乾燥密度を乗じて θ に変換した。

WP4T のみから得られた結果を多項式で近似し、pF 値と θ の関係を求めた。この関係式を使って pF3.5 と pF4.2 (永久しおれ点)の θ を計算した。この値を真値とし、加圧板法等で求めた高水分域の pF 値と共に Brooks and Corey、van Genuchten、Fredlund and Xing、Durner の 4 つのモデルを用いて回帰曲線を求め、得られた関係式から計算した pF3.5 と pF4.2 の θ と比較することで推定結果の妥当性を評価した。回帰プログラムは、関(2017)の SWRC Fit を用いた。なお、WP4T のデータのみを何回か重複して入力することで、必要に応じて WP4T のデータに重み付けを行った。

3. 結果と考察 香川県農業試験場のアスパラガス圃場と島根県出雲市のアズキ圃場から採取した土壌の水分特性曲線を Fig. 1 に示す。香川の土壌は、長期的なアスパラガスの栽培に起因する団粒構造の発達に由来すると考えられる二峰性(bimodal)の形状を示した。一方、島根のアズキ圃場は pF2.5 くらいまでは θ の減少がほとんどなく、より乾燥側で水分量が線形的に減少する典型的な水田土壌の水分特

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: WP4T, Durner モデル, 非線形回帰

性曲線の形状だった。各土壌 3 つの試料を用いて砂柱法と加圧板法で測定した pF3.0 までの全てのデータと WP4T で得られた全てのデータを使って回帰した結果、典型的な水田土壌の島根の土壌については Brooks and Corey 以外は pF3.5 と pF4.2 の水分量をうまく再現できたが、二峰性の曲線形状の香川の土壌は特に pF3.5 の θ の再現性が低かった (Table 1a)。そこで、砂柱・加圧板法で測定した各 pF 値の θ を平均して回帰したところ、二峰性の曲線を近似するために開発された Durner で香川の土壌もうまく近似できた (Fig. 1, Table 1b)。そこで、砂柱・加圧板法の θ は Fig. 1 に示すように各 pF 値の 3 つの値を平均した値を用い、WP4T のデータは最も乾燥側の 3 点のみを用いて同様の推定を行ったところ、WP4T のデータに 3 倍の重みづけを行って回帰することで、島根の土壌は Fredlund and Xing と Durner で良好な結果が得られた (Table 1d)。一方、香川の土壌では最も乾燥した 3 点のみのデータでは十分な再現性が得られず、pF4.0 以上の 6 点のデータを使い、かつ WP4T のデータに対して 3 倍の重みづけを行ったデータを用いたところ、Durner のみで良好な再現性が得られた (Table 1f)。

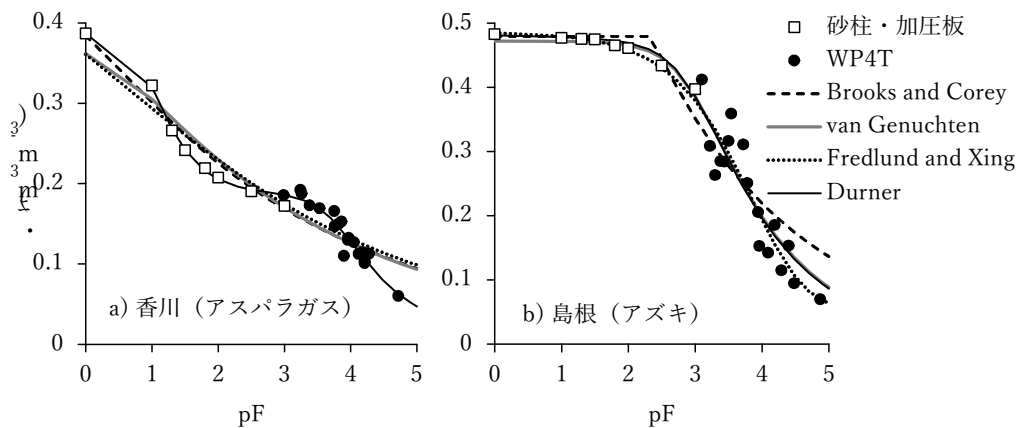


Fig. 1 水分特性曲線の実測値とモデルによる推定結果 (砂柱・加圧板法は 3 つの試料の平均値)

Measured (dots) and fitted (lines) soil water retention curves of soil samples

Table 1 WP4T の測定値から得られた pF3.5 と pF4.2 の θ から各モデルにより得られた θ を引いた値

Differences between measured and calculated θ at pF3.5 and pF4.2

	a)全データで近似		b)pF3.0より湿潤側の水分量を平均		c)WP4Tの測定点3点のみ(乾燥側)		d)WP4T測定点3点を重み付けして回帰		e)WP4Tの測定点6点のみ(乾燥側+pF4付近)		f)WP4T測定点6点を重み付けして回帰	
	pF3.5	pF4.2	pF3.5	pF4.2	pF3.5	pF4.2	pF3.5	pF4.2	pF3.5	pF4.2	pF3.5	pF4.2
・香川県農業試験場 (アスパラガス圃場)												
Brooks and Corey	0.024	-0.006	0.022	-0.008	0.043	0.015	0.048	0.020	0.038	0.009	0.038	0.010
van Genuchten	0.020	-0.009	0.021	-0.007	0.039	0.010	0.046	0.018	0.033	0.005	0.036	0.009
Fredlund and Xing	0.024	-0.006	0.016	-0.013	0.044	0.016	0.053	0.025	0.036	0.006	0.033	0.005
Durner	0.022	-0.011	-0.003	0.004	0.030	0.022	0.033	0.023	0.012	0.003	0.002	0.005
・島根県出雲市 (アズキ圃場)												
Brooks and Corey	-0.008	-0.088	0.012	-0.038	0.023	-0.034	0.048	0.000	0.036	-0.014	0.045	0.001
van Genuchten	0.010	-0.008	0.001	-0.008	0.010	0.005	0.010	0.011	0.017	0.001	0.011	0.009
Fredlund and Xing	-0.010	0.009	-0.008	0.008	-0.012	0.005	-0.006	0.007	0.001	0.010	0.001	0.007
Durner	0.003	-0.008	0.002	-0.005	-0.011	0.008	-0.005	0.009	0.003	0.010	0.007	0.006

注) 両者の差が $0.001\text{m}^3\text{m}^{-3}$ 以下の値を太字で示した

謝辞: 本研究は農研機構構成員支援センター「イノベーション創出強化研究推進事業」の支援を受けて行った。

引用文献: 関勝寿, 水分特性曲線の回帰プログラム SWRC Fit (1), 2017: 東洋大学紀要自然科学篇 61, 41-65.