

三重県の水田圃場を対象とした土壌の物理化学性の推定 Estimation of Soil Physicochemical Properties of Paddy Fields in Mie Prefecture

○名和将晃, 関谷信人, 渡辺晋生

Masaaki Nawa, Nobuhito Sekiya, Kunio Watanabe

はじめに 水田の施肥や水管理には、土壌の陽イオン交換容量 (CEC)、pH、透水性や保水性などの物理化学性の把握が重要である。水田土壌の物理化学性は標高、地温などの環境因子や、有機物や粘土の種類や量などの構成因子によって異なる。水田土壌の物理化学性のうち、土の保肥性を決める CEC は施肥の指標である。CEC は土粒子表面の吸着サイト数に依存する土の比表面積 (SSA) と関係深い。SSA は細粒分に依存するため有機物量、粘土量の影響を受けると思われる。また、粘土量は地歴、地区、土質などに影響を受けると思われる。そこで、水田土壌の CEC を、栽培歴を反映した有機物量、地域の土質を反映した粘土量で説明できると考えた。ところで、水田土壌の様々な物理化学性の測定には、多大な時間と労力を要する。農業の省力化やスマート化には、これらの測定を簡便で迅速に行う必要がある。ここで、低水分領域の水分特性曲線 (含水比の連続データ) は、土の粒度組成や有機物量、SSA や CEC など様々な情報を含む。そこで、水分特性曲線を解析すれば、水田土壌の様々な物理化学性を一度に推定できると考えた。本研究の目的は、三重県内の水田土壌を調査し、土の CEC を有機物量と粘土量から推定すること、水田土壌の CEC などの物理化学性を低水分領域の水分特性曲線を用いて一度に推定することである。

試料と方法 三重県中勢 (雲出、安濃、榊原) 地区、上浜 (三重大学内)、高野尾 (三重大附属農場) 伊賀/青山地区の標高の異なる 23 地点のコシヒカリ作付圃場を調査地とした。上浜、安濃、高野尾、稲葉、森寺、霧生には気象観測器を設置し、温湿度、日射、風向、風速、降水量を観測するとともに、各圃場内 5 地点において、水稻作付期間中の深さ 5 cm の地温を観測した。2022 年から 2023 年の 3 月にかけて、各圃場の表土を無作為に 5 地点以上から採取、混合し、風乾後に 2 mm 篩ふるい過分を試料とした。そして、試料の強熱減量 (IL)、CEC、全炭素、全窒素、全水素、可給態窒素、石灰飽和度、塩基飽和度、CN、pH、 NH_4 、 NO_3 、K、Ca、Mg、 PO_4 を測定した。低水分領域の水分特性曲線、SSA、吸脱着熱は水分吸着等温線分析装置 (VSA) で、粒度分布はふるい分けと沈降分析で測定した。VSA は試料室内の水蒸気の水分活性 a_w を変化させながら平衡する試料の含水比を連続的に測定する装置である。本研究では、水分飽和状態から -500 cm 圧で脱水した試料を初期状態とし、 a_w が 0.95~0.10 ($-3 \times 10^7 \sim -7 \times 10^5$ cm) の範囲で脱水過程、吸水過程の水分特性曲線の主曲線を順に測定した。また、水分活性 $a_w 0.3$ (-1.7×10^7 cm) 以下で水分特性曲線に BET 式を適合し、水分子吸着によるみかけの SSA と吸脱着熱を求めた。また、22 圃場の低水分領域の水分特性曲線を用いて、土壌の物理化学性を主成分回帰分析 (PLS) で解析した。検量線作成には、雲出、安濃から 2 圃場ずつ、榊原、伊賀/青山から 4 圃場ずつ、上浜と高野尾の 14 試料を用いた。検量線作成に用いた主成分数は二乗平均平方根誤差 (RMSE) が安定した数とした。そして、RPD (標準偏差/RMSE) を推定精度の指標とし、その他 8 圃場の推定を試みた。一般に、RPD は 1 より大きいと推定精度は高いとみなせる。

三重大学大学院生物資源学研究所 Graduate School of Bioresources, Mie Univ. キーワード：水分特性曲線, PLS

結果と考察 各圃場において水稲作付期間中の日平均気温 T_d は標高が100 m高くなると約0.65 °C低下し、遞減率で表せた。年平均気温 T_y も標高 E_1 が高い地域ほど低かった。また、5 cm 深の日平均地温 T_s は T_d と一致し、有機物量に關係する地温を気温で表せた。ここで、ILを有機物量とみなすと、年平均気温 T_y でILを(1)式で表せた。またILは E_1 に比例し、(2)式で表せた。全炭素、全窒素、可給態窒素も同様に E_1 と比例した。しかし、標高50 m以下の地区では關係は不明瞭であった。

$$IL = -0.999T_y + 23.4 \quad (1)$$

$$IL = 9.13 \times 10^{-3}E_1 + 6.55 \quad (2)$$

低水分領域の水分特性曲線は地区毎に異なっていた。低水分領域の水分特性曲線から求めたSSAは新田、五間田、尺ヶ寺、北ソヤ、稲葉の榊原川沿いに位置する5圃場と伊賀/青山で約80 m²/gと大きかった。CECはSSAに比例し(図1)、(3)式で表せた。粘土量(clay)も地区毎に異なり、榊原の5圃場で25%以上と多かった。SSAはILとclayでの重相関分析の結果(図2)、(4)式で表せた。(3)、(4)式で、SSAを介して土中の有機物量(IL)と粘土量(clay)からCECを推定できた。

$$CEC = 0.20 SSA + 2.10 \quad (3)$$

$$SSA = 5.13 IL + 1.50 clay - 3.56 \quad (4)$$

低水分領域の水分特性曲線に対する主成分回帰分析(PLS)の粘土量の推定結果を図3に示す。脱水過程あるいは吸水過程のみの水分特性曲線を用いた場合の推定精度は低かった。一方で、吸脱水両過程の水分特性曲線を用いた場合の推定精度は向上した。これは、吸脱水のヒステリシスの違いが粘土の量や質によるからと考えられる。同様に、その他の土壤成分の推定結果を表1に示す。脱水のみ、吸水過程のみで推定できる成分もあるが、吸脱水両過程を用いることで一度に多くの土壤成分の推定できるといえる。更なる推定精度の向上には検量線作成に用いる試料数を大幅に増やす必要があると考えられる。

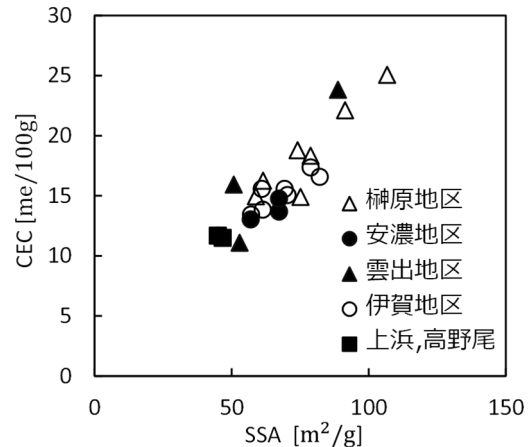


図1 SSAとCEC

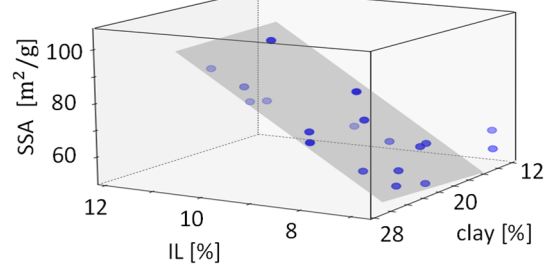


図2 有機物量 粘土量とSSA

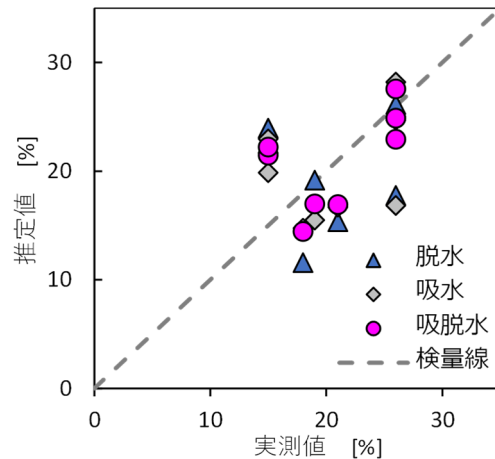


図3 粘土量の推定結果

表1 主成分数とRPD

	主成分数	脱水	吸水	吸脱水
IL	6	0.78	0.71	1.10
粘土量	6	0.92	0.99	1.22
CEC	7	1.38	0.88	1.29
全炭素	7	0.56	0.46	0.94
全窒素	7	0.7	0.75	0.97
全水素	7	0.96	0.83	1.08
可給態窒素	8	0.75	1.12	0.78
pH	8	1.09	1.47	1.46
Ca	8	0.87	0.85	1.18
Mg	8	0.72	1.63	0.99
K	8	1.27	1.56	1.56
PO ₄	8	0.84	0.78	1.28
NH ₄	8	0.77	0.95	0.79
NO ₃	8	0.67	0.97	0.96