

## 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

土壌圏システム学研究室 520343 名和将晃

(指導教員:渡辺晋生)

**はじめに** 水田の施肥や水管理には水田土壌の陽イオン交換容量(CEC)や pH、透水性や保水性等の物理化学性を把握することが重要である。また、脱炭素策や温暖化緩和策には土中の炭素貯留量を評価することも重要である。土中の炭素貯留量は、有機物の投入量と地温に依存する分解量から影響を受ける。また、地温は気温や標高と密接な関係がある。そこで、毎年同様に栽培条件を管理している水田を調査すれば、標高や気温で土中の有機物量を説明できると考えた。一方で、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、この含水比の連続データを解析すれば、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、有機物量を標高、気温から推定すること、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 等の物理化学性を含水比の連続データで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、伊賀/青山地区、上浜(三重大学内)、高野尾(三重大学附属農場)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(図 1)。上浜、安濃、高野尾、稲葉、森寺、霧生には気象測器(ATOMOS)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ランダムに 5 地点以上から採取し混合、風乾後、2 mm 篩通過分を試料とした。そして、試料の強熱減量(IL)、全炭素、全窒素、可給態窒素、CEC、pH、NH<sub>4</sub>、NO<sub>3</sub>、K、Ca、Mg、PO<sub>4</sub> を測定した。粒度分布は篩分けと沈降分析で、低水分領域の水分特性曲線と SSA、吸脱着熱は水分吸着等温線分析装置(VSA)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)の範囲で脱水と吸水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( $-1.7 \times 10^7$  cm)以下で BET 式を水分特性曲線に適合し、水分子吸着による見かけの SSA と吸脱着熱を求めた。また、22 圃場の含水比の連続データを用いて土の物理化学性を主成分回帰分析(PLS)で解析した。この際、検量線作成(cal)には、雲出、安濃から 2 圃場ずつ、榊原、伊賀/青山から 4 圃場ずつと上浜と高野尾の 14 試料を用いた。そして、その他 8 圃場の推定(est)を試みた。

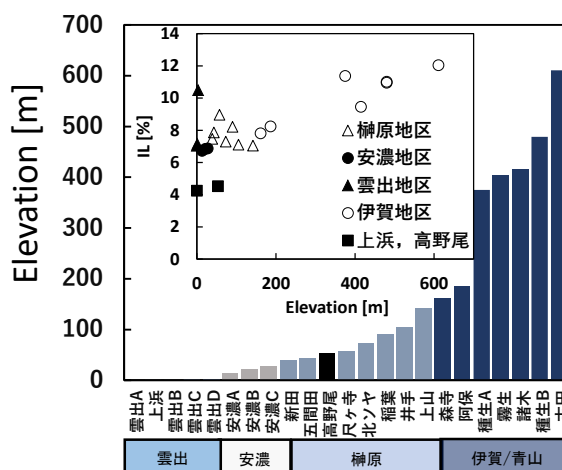


図1 調査圃場

**結果と考察** 各圃場において水稻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、深さ 5 cm の日平均地温 $T_s$ は $T_d$ と一致し、有機物量に関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(図 1)、(2)式で表せた。

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

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

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 以下の地区では関係は不明瞭であった。また、pH、 $NH_4$ 、 $NO_3$ 、K、Ca、Mg、 $PO_4$ はいずれも標高と相関がなかった。

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  $m^2/g$  と大きかった。CEC は SSA に比例し(図 2)、(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 3)、(4)式で表せた。

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

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

(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。

含水比の連続データに対する主成分回帰分析(PLS)の結果を表 1 に示す。検量線作成に用いた主成分数は RMSE が安定した数とした。推定値の RMSE が 3.5 以下を推定可能の基準とすると、脱水過程の含水比変化のみで作成した検量線では、IL と CEC を推定できた。吸水過程の含水比変化のみで作成した検量線では、IL のみが推定できた。clay はどちらの場合も推定できなかった。そこで、吸脱水両過程の含水比変化で検量線を作成した。図 4 に clay の推定結果を示す。推定値の RMSE が 3.31 で、clay も推定できた。これは、吸脱水の水分量の差が粘土の量や質によるからだと考える。推定精度の向上には検量線作成に用いる試料数を増やす必要があると考えられる。

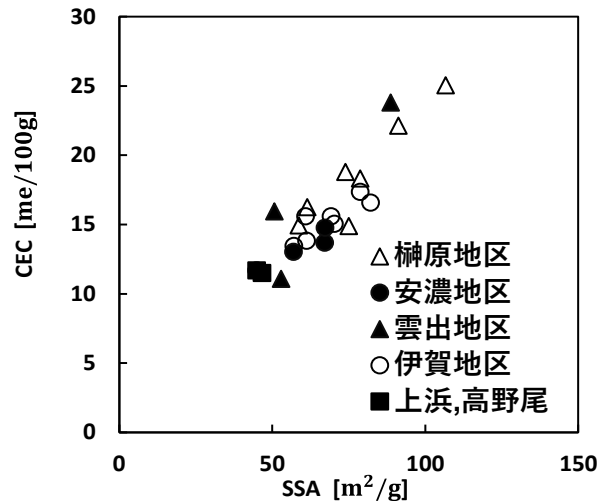


図2 SSAとCEC

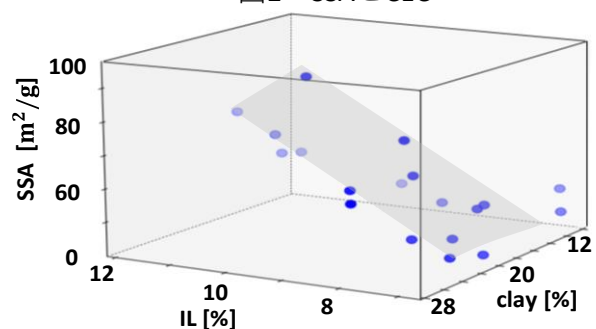


図3 有機物量 粘土量とSSA

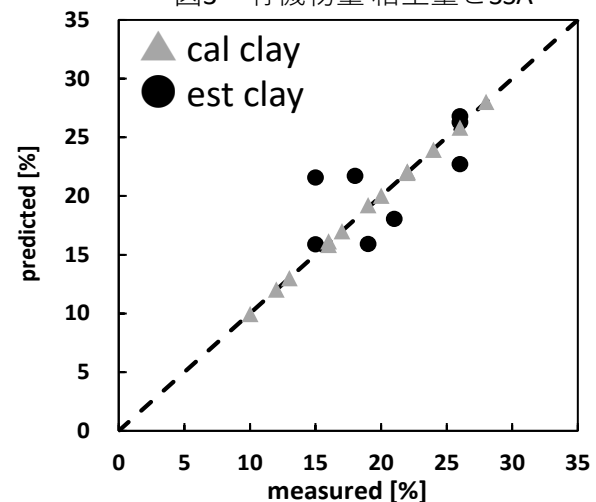


図4 粘土量の推定結果

表1 主成分回帰分析の結果

	case	#	cal	est
IL	脱水	6	0.20	2.24
	吸水	6	0.11	2.48
	吸脱水	4	0.52	1.46
粘土量	脱水	6	0.51	5.24
	吸水	6	0.58	4.21
	吸脱水	8	0.10	3.31
CEC	脱水	6	0.15	2.78
	吸水	6	0.15	4.79
	吸脱水	5	0.36	3.06

# 主成分数 cal 検量線作成 est 推定