

団粒構造の指標化による学校園土壌の診断法

Soil Diagnosis in School Garden by Indicator of Aggregate Structure

荒木祐二^{*1} 齊藤亜紗美^{*2} 田代しほり^{*3} 石川莉帆^{*4}

Yuji ARAKI Asami SAITO Shiori TASHIRO Riho ISHIKAWA

^{*1} 埼玉大学教育学部 Faculty of Education, Saitama University

^{*2} 和光市立白子小学校 Shirako Elementary School, Wako City

^{*3} 久喜市立久喜小学校 Kuki Elementary School, Kuki City

^{*4} 寄居町立鉢形小学校 Hachigata Elementary School, Yorii Town

土壌を学習するにあたり、団粒構造の定量的な指標は十分に確立されておらず、教育現場で実現可能な土壌診断法の検討が求められる。本研究では、学校園にみられる土壌環境の実態を評価するため、湿式篩別法を用いて土壌の団粒構造の指標化を試みた。得られた団粒径割合を赤褐色土と黒色土、両者の混交土の3土壌タイプ間で比較すると、とくに粒径 $1.0 \leq x < 2.0$ における土壌含量の割合 ($R_{1.0-2.0}$) が、赤褐色土に比して黒色土と混交土で顕著に低く、20%未満となった。本結果と腐植率を基準値として定め、以下の3段階が優良な土壌の指標となる可能性が示唆された：指標① $R_{1.0-2.0}$ 20%未満かつ腐植率 7%以上、指標② $R_{1.0-2.0}$ 20%未満かつ腐植率 3~7%、指標③ $R_{1.0-2.0}$ 20%以上かつ腐植率 3~7%。また、埼玉県内小中学校 55 校のうち 10.9%が指標②に、29.1%が指標③に含まれ、残り 60.0%はどの指標にも当てはまらないことが示された。

キーワード：団粒構造、土壌診断、学校園、栽培学習、腐植率

1. はじめに

平成 20 年度の学習指導要領の改訂に伴い、平成 24 年度から中学校技術・家庭科技術分野では「生物育成に関する技術」（以後、生物育成と略記）が全面实施された。実践的・体験的な学習活動を通した「生きる力」の育成をめざす学習指導要領において、栽培学習の果たす教育的役割に期待が寄せられている¹⁾。こうした背景の下、教育現場では栽培学習の推進が図られ、例えば埼玉県ではみどりの学校ファーム、さいたま市では学校教育ファームが全公立小・中学校に設置されるなどして、栽培学習をとおして子ども達が土壌に触れる機会が増大している²⁾。

土壌は植物の一次生産を支える陸上生態系に不可欠な存在³⁾であり、物理的・化学的作用のほか生物的作用を呈し、豊かな生物多様性を育む動的な存在である⁴⁾。とりわけ農地の土壌はわが国の食料生産の基盤であり、農地土壌の管理は国をあげて構築・強化されている⁵⁾。

昨今では、土壌教育によって子ども達の土への関心の向上、正しい認識の定着、土を保全する意識・態度を育成することが重要視され⁶⁾、環境教育や土壌教育の視座

から土壌とその教育的価値が見直されつつある。しかしながら、学校園の土壌が必ずしも健全な状態とはいえない学校が散見され、栽培学習の実施を困難にしている状況が見受けられる⁷⁾。学校園の土壌の健全性を把握するためには土壌診断が求められるものの、教育現場では時間的・資金的な制約が大きく、既存の煩雑な土壌診断を実施するのは難しい。また、教育現場において土壌診断を定期的な実施できない一因は、学校園が栽培に適した土壌であることを示す「指標」の不確定さにもあると考える。とくに保水力や有機物の含量に影響する団粒構造の指標のあいまいさに起因することが示唆される。団粒とは砂やシルト、粘土あるいは有機物などにより構成される高次の集合体を指し、その配列状態が団粒構造である¹⁰⁾。この団粒構造にほかの指標も含めて、教育現場で実践可能な土壌診断法について検討することは直近の課題といえる。

そこで本研究は、健全な土壌にみられる団粒構造に着目してその指標化を図ることを試み、学校園の地力を改善するための簡易な土壌診断法の開発をめざした。

2. 調査地の概要と研究方法

本研究では、土壌分布に黒色土と赤褐色土のコントラストがみられる埼玉大学大久保農場において野外調査を実施し、土壌タイプごとに採取した土壌を自然乾燥させた後に、実験室内にて分析した。土壌分析では、 $\text{NO}_3\text{-N}$ や腐植率といった土壌成分分析に加え、湿式篩別法による団粒分析を実施した。以下に研究方法の委細を示した。

2.1 調査地の概要

調査は、埼玉県さいたま市桜区に位置する埼玉大学教育学部大久保農場 ($35^\circ 52\text{N}'$, $139^\circ 39' \text{N}$; 圃場面積約 $1,000\text{m}^2$) で実施した。大久保農場は昭和 56 年に造られ、大学の栽培実習のためのフィールドとして活用されている (図 1)。

圃場の土壌は、農場の北側が肥沃な黒ボク土を主成分とした黒色土である一方、南側には、瓦礫や砂利を含み有機質含量の乏しい赤褐色土がしかれている。中間部は黒色土と赤褐色土の混合土となっている。この土壌の違いは作物の生育に影響し、例えばサツマイモ (品種名: ベニアズマ) の収量には黒色土と赤褐色土の間に 5%水準 (t 検定) で有意な差が認められ、黒色土で栽培した方が地上部・塊根ともに大きく成長している (表 1)。

本研究では、圃場用に $28\text{m} \times 28\text{m}$ の方形区を設置し、4m 間隔で 49 のプロットに区分した (図 1)。本研究では、列単位で土壌タイプを区分し、赤褐色土を南側から

「赤 1」、「赤 2」とし、混合土を「混 1」、「混 2」、「混 3」、黒色土を「黒 1」、「黒 2」と呼称する。

2.2 野外調査

野外調査は 2012 年 3 月に実施し、各プロットにおいて山中式ポケット型土壌硬度計 (P-173, 藤原製作所) を用いて土壌硬度を、ペン型土壌水分計 (PMS-714, Lutron Electronic) を用いて土壌含水率を計測した。また、プロットごとに対角線上の 5ヶ所から、表土を取り除いた深さ約 5~10cm の土壌を合計約 500g 採取した。採取した土壌試料は通風のよい日陰で一週間ほど風乾させてから土壌分析にかけた。

2.3 土壌分析

土壌分析は、実験室内にて 2012 年 5~10 月にかけて実施した。「つち博士 (M2)」(土づくり推進機構) を用い、各プロットから採土した土壌の $\text{NO}_3\text{-N}$, P_2O_5 , K_2O , CaO , MgO , Mn , Fe_2O_3 および腐植率を測定した。また土壌 5g に精製水 20mL を加え、攪拌してしばらく静置した後に、ポータブル pH 計 (GST-2739C, TOA) を用いて pH を、ポータブル EC 計 (CT-27112B, TOA) により EC を測定した。土壌タイプごとに各土壌成分の平均値と標準偏差を求め、畑耕地の基準値と照合した。埼玉県では基準値が定められていないため近隣県の群馬県と神奈川県の前基準値¹⁾を参考にした。

一般に土壌の物理評価において、団粒分析は、大きさや量、安定性を知ることによって土壌構造の良否を判定するのに用いられ、乾式篩別法、湿式篩別法、沈降篩別法、洗浄篩別法など種々の方法が提案されている¹⁰⁾。本研究では、土壌の団粒構造の状態を明らかにするのに広く用いられている Yoder 法¹²⁾に準拠した湿式篩別法を行った。目開き 3.0mm の篩にかけた約 20g の土壌サンプルを、目開き 2.0mm, 1.0mm, 0.5mm, 0.25mm, 0.1mm の組み篩に入れ、20~25℃程度の中水中で篩別した。各篩の目に残った粒子をフィルターに集め、乾燥機により 80℃で 72 時間乾燥させ、各粒径の重さを電子ばかりで計測して、団粒径割合を求めた。

2.4 策定された指標の検証

本研究の結果をもとに定めた団粒構造の指標の妥当性を検証するため、埼玉県内の学校 55 校 (小学校 28 校, 中学校 27 校) から学校園の土壌サンプルを採取し、大久保農場の土壌と同様の手法および指標を用いて土壌診断を実施した。55 の学校は無作為に抽出し、電話と書面にて採土を依頼した。学校園の採土は 2012 年 3~

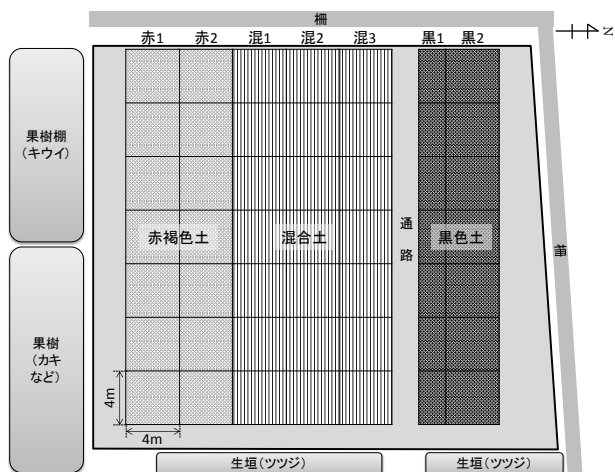


図 1 大久保農場の土壌の分布と調査プロット。赤 1-赤 2: 赤褐色土, 混 1-混 3: 混合土, 黒 1-黒 2: 黒色土。

表 1 黒色土と赤褐色土におけるサツマイモの成長量の比較。塊根は直径 1.5cm 以上の個体を対象とした。表記は平均値 ± 標準偏差。**: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$ (t-test)。

	地上部重 (g)	塊根重 (g)	塊根直径 (cm)	塊根長 (cm)	塊根本数
黒色土	674.0 ± 204.8	499.0 ± 221.6	4.4 ± 1.0	15.2 ± 3.6	3.6 ± 1.5
赤褐色土	246.0 ± 75.9	219.0 ± 89.7	3.6 ± 1.4	11.0 ± 2.1	3.2 ± 1.8

10 月にかけて行った。

3. 結果と考察

3.1 土壌成分

有機物の含量を表す腐植率を土壌タイプ間で比較すると、赤褐色土は赤 1 で $3.7 \pm 0.9\%$ (平均値 $\pm$ 標準偏差)、赤 2 で $5.7 \pm 0.6\%$ となった (表 2)。これに対して、黒色土は、黒 1 で $10.1 \pm 0.2\%$ 、黒 2 で $10.0 \pm 0.2\%$ となり、赤褐色土に比べて高い値を示した。混合土の腐植率は黒色土と赤褐色土の中間値となり、データのばらつきは大きかった。すべての土壌タイプで基準値 (3.0%以上) を上回った。藤原ら¹³⁾は、腐植率の目安として黒ボク土では 7~10% で土壌生産力が高く、10% 以上でかなり高いと評価し、非黒ボク土では 3~5% で土壌生産力が高く、5% 以上でかなり高いと評価している。これにより、大久保農場におけるすべての土壌タイプが高い生産力を有することが示された。

pH は黒色土の黒 1 で 5.84 ± 0.23 、黒 2 で 5.81 ± 0.17 を示し、基準値 (6.0~6.5) を若干下回る弱酸性となった (表 2)。赤褐色土は赤 1 で 6.46 ± 0.13 は、赤 2 で 6.42 ± 0.26 となり、基準値の範囲以内で微酸性となった。混合土では赤褐色土よりもわずかに弱酸性となった。黒色土が弱酸性となったのは、黒ボク土には強酸性という性質があるものの、腐植率が高いと pH 緩衝能も大きくなるという性質¹⁴⁾によって緩和されたものと考えられる。

EC は、すべての土壌タイプにおいて基準値 (30mS/m 以下) を十分に満たした (表 2)。土壌間での差はみられなかったが西側から東側に移行するにつれて、高い値を示す傾向が認められた。含水率も EC と同様の分布が確認され、東側が西側に比べて相対的に高くなった。EC が高いと浸透圧により植物の根の中の水分が土壌の溶液濃度を下げようと外部に出ていくため、土壌中の含水率は高くなる性質がある¹⁴⁾。この性質が反映されたものであると考える。

NO₃-N は、最大値は混 3 で 1.3mg/100g であり、す

べての土壌で基準値 (5mg/100g 以上) を下回った (表 2)。混 3 と黒 1 では比較的高い値を示した。これはサンプリング時期が 3 月で作物が比較的植えられていない時期だったため、前に植えた作物が養分を吸収してしまったためと考えられる。

P₂O₅ は、混 3 (69mg/100g) が基準値 (65~85mg/100g) の範囲内にあり、赤 2 (99mg/100g) が基準値をやや上回りほかは基準値を下回った (表 2)。NO₃-N と同様に、混 3、黒 2 が比較的高い値を示した。

K₂O は、赤 2 (32mg/100g)、混 1 (17mg/100g)、混 2 (28mg/100g)、混 3 (48mg/100g)、黒 2 (42mg/100g) と基準値 (64~96mg/100g) を下回り、赤 1 (109mg/100g)、黒 1 (106mg/100g) では基準値を上回った (表 2)。NO₃-N と P₂O₅ と同様に、混 1、黒 1 で高い値を示した。

CaO は、赤褐色土と混合土が相対的に高く、黒色土が低かった (表 2)。この結果は、カルシウムには土壌の酸度が高いと溶脱するという特徴¹⁴⁾があるため、既述の pH の結果が同様の分布を示したことに起因すると考えられる。

Mg、Mn、Fe₂O₃ は、どの土壌タイプでも基準値を満たし、赤褐色土と黒色土の間に大きな違いはみられなかった。

3.2 団粒構造

図 2 に、各土壌タイプにおける湿式篩別法による粒径ごとの含量の割合を示した。粒径 $x < 0.1$ 、 $0.1 \leq x < 0.25$ では、土壌タイプ間に 5% 水準で有意な差は認められなかった。しかし、粒径 $0.25 \leq x < 0.5$ では、赤 1 (平均値 $\pm$ 標準偏差 = $16.2 \pm 2.7\%$) から黒 2 ($29.9 \pm 10.1\%$) に移行するにつれて含量の割合が高くなった ($p < .01$; ANOVA)。また粒径 $0.5 \leq x < 1.0$ では、赤 1 ($42.3 \pm 10.1\%$) から黒 2 ($50.5 \pm 12.3\%$) に移行するにつれて含量の割合が高くなった ($p < .01$; ANOVA)。ここでは、黒色土の黒 1 において、とくに高い割合 ($56.6 \sim 68.0\%$) を示し、赤 1、赤 2、混 1 との間に有意な差が確認され

表 2 各土壌における土壌分析の結果一覧。表記は平均値 $\pm$ 標準偏差。

	腐植率 (%)	NO ₃ -N (mg/100g)	Fe ₂ O ₃ (mg/100g)	P ₂ O ₅ (mg/100g)	K ₂ O (mg/100g)	CaO (mg/100g)	MgO (mg/100g)	Mn (ppm)	pH	EC (mS/m)
赤1	3.7 ± 0.9	0.7 ± 0.4	20 ± 17	12 ± 5	109 ± 95	257 ± 120	29 ± 37	8 ± 13	6.46 ± 0.13	6.47 ± 1.73
赤2	5.7 ± 0.6	0.1 ± 0.1	17 ± 18	99 ± 52	32 ± 10	222 ± 51	19 ± 9	7 ± 11	6.42 ± 0.26	5.32 ± 1.29
混1	4.9 ± 1.3	0.1 ± 0.0	2 ± 5	10 ± 0	17 ± 16	212 ± 32	25 ± 17	1 ± 0	6.51 ± 0.21	5.87 ± 1.26
混2	4.7 ± 1.1	0.3 ± 0.4	3 ± 8	37 ± 70	28 ± 11	247 ± 74	16 ± 3	3 ± 5	6.47 ± 0.09	5.16 ± 2.69
混3	7.8 ± 0.3	1.3 ± 0.7	3 ± 4	69 ± 74	48 ± 36	169 ± 56	15 ± 7	8 ± 4	6.74 ± 0.06	4.91 ± 0.99
黒1	10.1 ± 0.2	0.3 ± 0.4	3 ± 4	38 ± 38	106 ± 89	86 ± 58	12 ± 0	5 ± 5	5.84 ± 0.23	5.75 ± 0.81
黒2	10.0 ± 0.2	0.1 ± 0.0	11 ± 9	58 ± 36	42 ± 35	132 ± 55	12 ± 1	3 ± 4	5.81 ± 0.17	5.27 ± 0.62

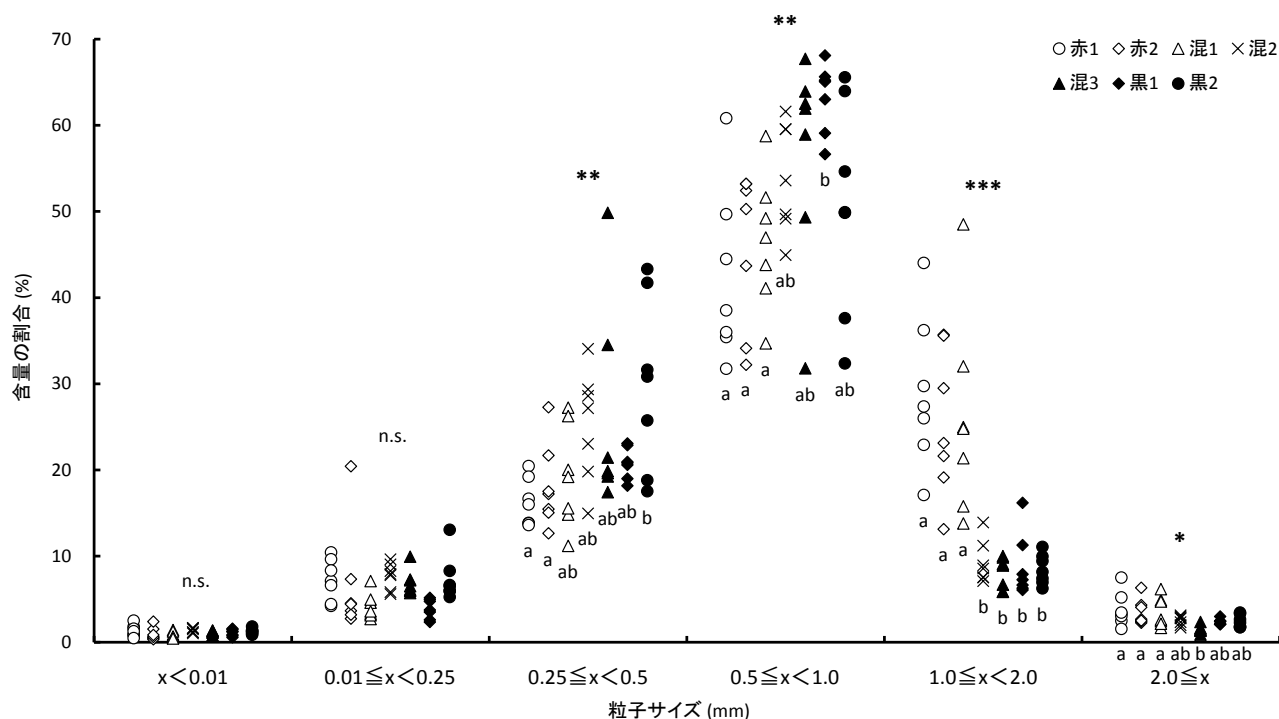


図2 各土壌における湿式篩別法による粒子サイズごとの含量の割合の比較。アルファベットの異符号は Tukey-Kramer 法により 5%水準で有意差があることを表す。***: $p < .001$, **: $p < .01$, *: $p < .05$, n.s.: not significant (one way ANOVA)。

た ($p < .05$; Tukey-Kramer 法)。さらに、粒径 $1.0 \leq x < 2.0$ では、赤 1 ($29.0 \pm 8.8\%$) から黒 2 ($8.4 \pm 1.7\%$) にかけて含量の割合が著しく低下したことは注目される ($p < .01$; ANOVA)。この粒径において、赤 1 と赤 2、混 1 ではデータの幅が大きい ($13.0 \sim 48.4\%$) のに対し、黒 1 と黒 2、混 2、混 3 では 20%未満の低い値となりデータのばらつきは小さく、前者 3 土壌タイプと後者 4 土壌タイプの間には含量の割合に顕著な差が認められた ($p < .001$; Tukey-Kramer 法)。このことから、粒径 $1.0 \leq x < 2.0$ における含量の割合が 20%未満になることが健全な団粒構造の指標となる可能性が示唆される。粒径 $2.0 \leq x$ では、赤 1 ($3.7 \pm 1.9\%$) から黒 2 ($2.4 \pm 0.7\%$) にかけて含量の割合がわずかに低下する傾向がみられた ($p < .05$; ANOVA, 図 2)。

土壌の団粒はマクロ団粒と ($x > 0.25\text{mm}$) とミクロ団粒 ($x < 0.25\text{mm}$) に大別され、マクロ団粒はミクロ団粒が植物根や菌糸によって結合されて形成されているとしている¹⁵⁾。Oades¹⁶⁾は、土壌管理によって影響されやすいのはミクロ団粒よりもマクロ団粒であり、一般に易分解性有機物の添加によってマクロ団粒を増大させることができると言及している。これらのことから、マクロ団粒に値する粒径 $0.25 \leq x < 0.5$, $0.5 \leq x < 1.0$, $1.0 \leq x < 2.0$ において、赤褐色土と黒色土との土壌含量の割合に差が生じた直接的要因は、土壌タイプ間にみられる腐

植率の違いであることがうかがえる。さらに青山ら¹⁷⁾は、マクロ団粒の中で C/N 比の高い粗粒有機物は粒径 $0.25 \leq x < 1.0$ にもっとも集約すると述べている。この見解は、 $0.25 \leq x < 0.5$, $0.5 \leq x < 1.0$ において黒色土の方が赤褐色土に比べて土壌含量の割合が高くなったことを支持している。一方で、これを反映して $1.0 \leq x < 2.0$ における土壌含量の割合は赤褐色土に比べて黒色土の方が低いという結果につながったと推察される。

3.3 腐植率と $R_{1.0-2.0}$ での土壌含量の割合の分布

粒径 $1.0 \leq x < 2.0$ における土壌含量の割合 (以後、 $R_{1.0-2.0}$ と略) をさらに細かくみるため、土壌成分の中で土壌タイプ間においてもっとも差がみられた腐植率との関係について検討した。その結果、腐植率 7%を境界として腐植率 7%以上には黒 1、黒 2、混 3 が分布し、腐植率 7%未満には赤 1、赤 2、混 1、混 2 が分布していた (図 3)。この腐植率 7%以上のグループ (黒 1、黒 2、混 3) と腐植率 7%未満のグループ (赤 1、赤 2、混 1、混 2) の間で $R_{1.0-2.0}$ の値を比較すると、両者に有意差が認められた ($p < .001$; T-test)。腐植率が 7%以上の土壌では $R_{1.0-2.0}$ が 20%未満に集中するのに対し、腐植率 3~7%の $R_{1.0-2.0}$ はデータにばらつきが認められ、比較的高い値を示した。このことから、腐植率は 7%以上でありかつ $R_{1.0-2.0}$ 20%未満であることがより良質な土壌の指

標となる可能性が示唆された（図3）。

以上の結果を整合すると、指標① $R_{1.0-2.0}20\%$ 未満かつ腐植率 7%以上であることが優良な土壌の指標となり、次いでやや優良な土壌である指標② $R_{1.0-2.0}20\%$ 未満かつ腐植率 3~7%、及第点といえる指標③ $R_{1.0-2.0}20\%$ 以上かつ腐植率 3~7%を加えた 3 段階の指標が、土壌診断の指標となる可能性が示唆された。

3.4 指標の検証

上述で得られた 3 段階の指標の妥当性について、埼玉県内小・中学校の学校園（55 校）の土壌を用いて検証した。その結果、半数を超える 60.0%（33 校）の学校園において腐植率が 3%未満となり、基準値を満たさなかった（図3）。指標① $R_{1.0-2.0}20\%$ 未満かつ腐植率 7%以上となる学校は 1 校もみられず、指標② $R_{1.0-2.0}20\%$ 未満かつ腐植率 3~7%の指標内におさまった学校園はわずか 10.9%（6 校）、指標③ $R_{1.0-2.0}20\%$ 以上かつ腐植率 3~7%の指標に含まれる学校園は 29.1%（16 校）となった。

指標②に位置づけられた 6 校の学校園をみると、すべての学校で日ごろから学校園を栽培学習で活用しており、比較的整備されていた。指標③に属した 16 校については、半数の 8 校において指標②に含まれる学校と同程度の整備がなされていた。以上から、指標③よりも指標②の方が、学校園が整備されており、より健全な土壌

であることがうかがえる。しかしながら、学校園の土壌が想定していた以上に良質でなく、指標①のデータ数が得られていない。今後は腐植率の高い学校園の土壌サンプリングはもとより、各指標の土壌で育成した作物の品質や収量の差異を検証するとともに、教育現場に馴染む手法の確立を見出すことが課題といえる。

4. まとめ

本研究では、健全な土壌にみられる団粒構造に着目しその指標化を図ることを試み、学校園の地力を改善するための簡易な土壌診断法の開発をめざした。土壌分析の結果、赤褐色土と黒色土の間に腐植率と pH は差がみられたが、それ以外の項目には明確な違いが認められなかった。一方、組み篩（目開き：3.0mm, 2.0mm, 1.0mm, 0.5mm）を用いた湿式篩別法と腐植率の測定によって、耕地の土壌診断を既存の診断法に比べて簡便に実施できる可能性が示された。その際に、健全な土壌の指標として、指標① $R_{1.0-2.0}20\%$ 未満かつ腐植率 7%以上であることが優良な土壌の指標となり、次いでやや優良な土壌である指標② $R_{1.0-2.0}20\%$ 未満かつ腐植率 3~7%、及第点といえる指標③ $R_{1.0-2.0}20\%$ 以上かつ腐植率 3~7%の 3 段階の指標が有用となる可能性が示唆された。

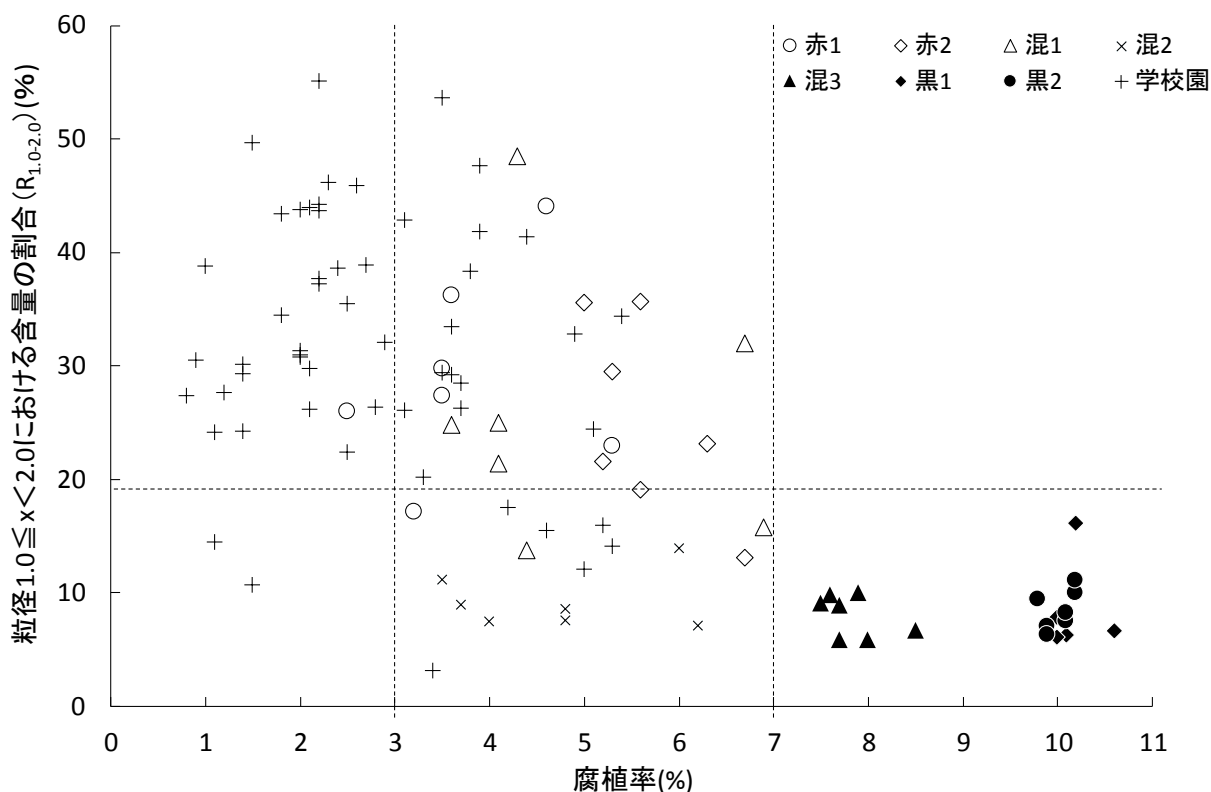


図3 腐植率と $R_{1.0-2.0}$ による学校園の土壌の分布。点線は腐植率と $R_{1.0-2.0}$ の基準境界を表す。

土壌成分はそのときの状態に応じて常に変化し、正確な診断結果を得るには資金的・労力的な負担が大きいため、既存の土壌診断法を学校現場で実施することはきわめて難しい。今後は、見出された3段階の指標の有効性をさらに検証しつつ、小中学校の教員でも実施可能な簡易な土壌診断法を確立することにより、学校園の地力回復を図ることが肝要といえる。

謝 辞

本研究は埼玉大学教育学部大久保農場にて実施し、技能補佐員の浅子孝一氏には多岐にわたり助力していただいた。同研究室の菊田銀平氏、岩崎好亮氏、大越史保子氏、中田庄史氏、廣永育乃氏には野外調査やデータ整理等に協力いただいた。厚く御礼申し上げる。なお、本研究は日本学術振興会の科学研究費補助金(若手研究(B)24730724)の支援により実施された。

参考文献

- 1) 高橋満彦・村田邦雄・増山照夫：環境教育との接合を意識した中学校技術科の生物育成(栽培)の可能性と課題：生物育成の必修化を迎えて、富山大学人間発達科学研究実践総合センター紀要，第6号，pp. 31-39 (2012)
- 2) 荒木祐二・石川莉帆・齊藤亜紗美・他1名：栽培学習を取り巻く現状と課題：埼玉県中学校を例に，日本産業教育技術学会技術教育分科会 技術科教育の研究 第19巻，pp. 19-27 (2014)
- 3) 埼玉県 a:埼玉県みどりの学校ファーム推進マニュアル，埼玉県 (2008)
- 4) 埼玉県 b:埼玉県みどりの学校ファーム推進方針，埼玉県 (2008)
- 5) 金子信博：『土壌生態学入門』，p. 2，東海大学出版会 (2007)
- 6) 東照雄・平井英明・田中治夫・他6名：土と向き合っ
- て：土壌教育の重要性，日本土壌肥科学雑誌，第77巻，第4号，pp. 451-456 (2005)
- 7) 農林水産省 HP. 「地力改善基本指針」(2008)
http://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/hozen_type/h_dozyo/pdf/chi4.pdf
- 8) 福田直：わが国における小学校・中学校・高等学校の土壌教育の現状と展望，日本土壌肥科学雑誌，第77巻，第5号，pp. 597-605 (2006)
- 9) 荒木祐二・田代しほり・齊藤亜紗美・他1名：栽培学習での活用が期待される学校園の現状と課題ーさいたま市内の小中学校を例にー，日本産業技術教育学会第56回全国大会(山口)講演要旨集，p. 65 (2013)
- 10) 土壌環境分析法編集委員会(編)：『土壌環境分析法』，pp. 40-43，博友社 (1997)
- 11) ぐんまアグリネット HP. 「作物の施肥基準」
<http://www.aic.pref.gunma.jp/agricultural/management/technology/soil/02/index.html> (2014年3月30日最終確認)
- 12) Yoder, R.E. : A direct method of aggregate analysis of soil sand and a study of the physical nature of erosion losses, Journal of American Society of Agronomy, 第28巻，pp. 337-351 (1936)
- 13) 藤原俊六郎・安西徹郎・加藤哲郎：『土壌診断の方法と活用』，pp. 62-86，農山漁村文化協会 (1996)
- 14) 松中照夫：『土壌学の基礎』，389pp.，農山漁村文化協会 (2003)
- 15) Tisdall J.M. and Oades, J.M. : Organic matter and water-stable aggregates in soils, Journal of Soil Science, 第33巻，pp. 141-163 (1982)
- 16) Oades, J.M. : Soil organic matter and structural stability: mechanism and implications for management, Plant Soil, 第76巻，pp. 319-337 (1984)
- 17) 青山正和：きゅう肥連用土壌の粒径画分および団粒サイズ画分の有機物とその無機化，日本土壌肥科学雑誌，第63巻，第5号，pp. 571-580 (1992)

Abstract

In the area of soil studies, a quantitative index of the soil's aggregate structure has not yet been established. In this study, to evaluate the actual conditions of the soil environment in school gardens, we attempted to provide an index of the aggregate structure of the soil by a wet-sieving. The results showed that, in the black soil, the rate of soil content in grain size $1.0 \leq x < 2.0$ ($R_{1.0-2.0}$) was less than 20%, which was significantly lower than that of the red-brown soil. The rate of $R_{1.0-2.0}$ and the humus rate were established as reference values. The following three steps were then suggested as the possible indexes of healthy soil: (index 1) $R_{1.0-2.0}$ is less than 20% and the humus rate is more than 7%; (index 2) $R_{1.0-2.0}$ is less than 20% and the humus rate is 3-7%; (index 3) $R_{1.0-2.0}$ is more than 20% and the humus rate is 3-7%. Furthermore, results of the soil analysis of 55 elementary and junior high schools in the Saitama Prefecture showed that 10.9% schools were included in index 2; 29.1% schools were in index 3; and the remaining 60.0% schools did not fit into any index.

Keywords: aggregate structure, soil diagnostics, school gardens, cultivation learning, humus rate