

## 酪農学園の圃場における土壌有機物含量を高める要因に関する一考察

石田 清 二<sup>1)</sup>・小金 昇 平<sup>2)</sup>・澤本 卓 治<sup>1,2)</sup>

A discussion on factors enhancing soil organic matter content in Rakuno Gakuen fields

Seiji ISHIDA<sup>1)</sup>, Shohei KOGANE<sup>2)</sup> and Takuji SAWAMOTO<sup>1,2)</sup>  
(Accepted 15 July 2021)

### 1. はじめに

土壌は作物の根、地下茎が生育する場であり、土壌の諸性質は根や作物全体に影響を及ぼすため、土壌調査で理化学性を明らかにし、作物の生育する場に適しているかを把握する必要がある(秋田・塩谷, 2006)。また、養分の不足・過剰は農産物の収量・品質を低下させる。作物の養分吸収が良好に行われるためには成分が過不足なく根群域にある必要があり、これには施肥のほかにも土壌から供給される養分の把握が必要であるため、土壌分析に基づく肥培管理は農産物の収量・品質に重要である(北海道農政部, 2020)。本学では「農場報告」(2013年度まで)あるいは「酪農学園フィールド教育研究センター報告」(2014年度以降)といった年報があり、圃場作土の土壌分析値(pH, 交換性陽イオン, 有効態リンなど)も記載されている。

肥培管理に加えて、客土などの土壌改良や自然的要因により土壌分析の結果が大きく変化することも考えられる。天野・水野(2002)によると、野幌丘陵地は海岸段丘であり、本学文京台キャンパス(以下「文京台」と略す)はその低位段丘面、高位段丘面、およびそれらの間の移行斜面に位置する。低位段丘面には、腐植に富むあるいは乏しい黄色土と多腐植質の普通黒ボク土が分布している。一方、高位段丘面には普通灰色台地土が最も広い面積を占め、これに加えて湿性黄色土が緩斜面・凹状の沢状地形にあり、また、黒ボク土がやや小高い凸地にある。

なお、文京台から直線距離で約5 km 離れて元野幌農場(以下「元野幌」と略す)が石狩低地帯に位置している。天野・水野(2002)によると、ここは低位泥炭土とされている。このように本学には様々な土壌が分布している。

野(2005)は文京台における上記の土地区分で飼料作物生産性の違いがあるかを検討している。土地区分による生産性の違いはチモシー・アルファルファではほとんど認められず、飼料用トウモロコシでは乾物収量、粗タンパク質収量などが低位段丘の方が有意に高いと報告している。

菊地(2008)は北海道十勝管内を中心としたフィールド調査などに基づき、段丘土壌と農業についてまとめている。十勝は河岸段丘であり、これに火山灰が降灰・侵食されたため黒ボク土あるいは火山灰が混入している土壌が多く見られる。十勝と本学圃場との共通点は火山灰が降灰し、段丘斜面では火山灰が侵食され移動していること、平坦面に火山灰が残存し多様な黒ボク土が生成されていること、広域的には低地帯に泥炭土があること、などである。作物生産性については、品種改良や病害防除法なども重要であるが、土壌も極めて重要であるとし、土壌・土地改良、土壌診断・作物生理および気象条件を考慮した施肥、有機物のすき込みなどによって土壌の不良要因を取り除くことの重要性を説いている(菊地, 2008)。

以上の先行研究が示しているように、断面調査を中心としたフィールドワークを行うことで土壌の特

1) 酪農学園大学大学院 酪農学研究科 酪農学専攻修士課程 作物生産科学専攻 土壌植物栄養学分野  
Soil Science and Plant Nutrition. Crop Production Science. Dairy Science (Master's Course). Graduate School of Dairy Science.  
Rakuno Gakuen University Graduate School. 582, Bunkyo-dai-Midorimachi, Ebetsu, Hokkaido 069-8501, Japan

2) 酪農学園大学 農食環境学群 循環農学類 土壌環境学研究室  
Soil and Environmental Science. Department of Sustainable Agriculture. College of Agriculture, Food and Environment Sciences.  
Rakuno Gakuen University. 582, Bunkyo-dai-Midorimachi, Ebetsu, Hokkaido 069-8501, Japan

連絡著者 (corresponding author)

澤本 卓治 (Takuji SAWAMOTO), sawataku@rakuno.ac.jp

(所属学会: 日本土壌肥料学会)

性・性質などを考えることが基本であろう。しかし営農単位や地域スケールといった広域では多くの時間・労力が必要となる。近年ではこれを助けるものとして、センシングやICTを活用した研究が盛んにおこなわれている（例えば、丹羽，2021）。今回、新型コロナウイルス感染症で行動が制限された状況下において、我々は少し発想を変え、圃場作土の土壌分析のために、毎年秋に採取・保管されている風乾細土を対象とし、ごく簡易な手法によって本学圃場の土壌特性を把握できないかと考えた。具体的には、高度な機器や煩雑な操作が不要な、土色、強熱減量、および、活性アルミニウムテストを取り上げることとした。これらは上記年報に記載がない、あるいは長期間記載がないものであり、中長期的な肥培管理、客土などの土壌改良、自然的要因の影響を受けやすいものと考えられる。これらのデータに加え、圃場の位置情報や関係者らへの聞き取り調査などを踏まえ、土壌有機物（腐植）含量を高める要因について考察したため、それを報告する。

## 2. 材料と方法

### 1) 供試土壌

2019年秋に採取された文京台79圃場、元野幌16圃場の作土を風乾させ、ふるい（目開き0.5mm）に通した風乾細土を供試した。これらの採取・調製はフィールド教育研究センターの技師らによって行われたものである。各圃場の中心付近の位置情報（緯度・経度・標高）をGoogleマップ、Google Earthで入手した。また、圃場管理（客土など）についても技師らから情報を得た。

### 2) 土色判定

ろ紙（ADVANTEC 5B）を短冊状（約2cm×約5cm）に切断し、この先端部に少量の風乾細土を薄く均一な厚みになるようにのせた（後に確認した結果、約0.2gであった）。文京台では、水で濡らしたペーパータオル上にろ紙を静置しゆっくり湿らせ、この時の土色（湿性化土色）を調査者（著者：小金）が単独で目視にて新版標準土色帖（以下「土色帖」と略す）（出版：富士平工業 監修：農林水産省農林水産技術会議事務局）を参照し、色相／明度／彩度を記録した（図1）。一方、元野幌の風乾細土は、上記の方法では湿性化しなかった（有機質で撥水したためかもしれない）ため、少々離れた上部より霧吹きを用いて水をやんわりと吹き掛け、この時の土色と同様に記録した。いずれの方法でも過湿状態にならないよう留意した（乾いたペーパータオルでろ紙の



図1 風乾細土を用いた土色判定の様子

これは一例を示す。左から、短冊状のろ紙（約2cm×約5cm）（ブランク）、風乾細土をのせたもの、および、それを湿性化させたものである。右の状態の色相／明度／彩度を記録した。

下から吸水させるなど）。記録した色相／明度／彩度より、土色帖に示されている色名称を当てはめた。なお、単独で判定した理由は複数人で行うと個人差による不一致の場合、色名称を当てはめる方法を考案できなかったためである。

### 3) 強熱減量

本方法は田中・村田（2018）に準拠した。るつぼ風袋を測定し（ $W_1$ ）、11g程度の風乾細土をるつぼに入れ、これを105℃で一晩絶乾させてひょう量した（ $W_2$ ）。次にマッフル炉に入れ、550℃約5時間加熱した後にひょう量し（ $W_3$ ）、以下より強熱減量を計算した。

$$\text{強熱減量}(\%) = (W_2 - W_3) / (W_2 - W_1) \times 100$$

上記操作を3反復行い、強熱減量の平均値を求めた。ただし、3反復の変動係数が3%以上の場合は、外れ値をのぞいた2反復で平均値を求めた。

### 4) 活性アルミニウムテスト

本方法は日本ペドロロジー学会（1997）に準拠した。125mm円形ろ紙を8分の1の扇型にカットし、1%フェノールフタレイン溶液を浸漬後、乾燥させた。白色の家庭用ポリエチレン製ゴミ袋を机上に敷き、この上にろ紙をならべた。このろ紙の中心部に微量の風乾細土をのせ（後に確認した結果、約0.02gであった）、1mol/Lフッ化ナトリウム水溶液を滴下し、赤色呈色強度を各調査者（著者：石田・小金・澤本）の目視で個別に0～3点の4段階で判定した。この一連の作業をさらに2度繰り返し計3回（3反復）実施し、合計27点満点で活性アルミニウムを評価した（図2）。



図2 風乾細土を用いた活性アルミニウムテスト評価の様子  
これは一例を示す。左から、ブランク、0点(-)、1点(+/-)、2点(+), および、3点(++)と採点した。

#### 5) ふるいの目開きが強熱減量に及ぼす影響, および, 強熱減量と全炭素含量の関係

供試した風乾細土は前述したように目開き0.5 mmのふるいを通されていた。一般的な土壌分析では2 mmを用いる(土壌環境分析法編集委員会, 1997)。そのため, 目開きの大小が強熱減量に影響を及ぼしていないか確かめることとした。2020年8月4日に, 供試土壌が採取された圃場と別の圃場(文京台: 北緯43.07315度, 東経141.50261度, 標高39 m)で作土を採取した。これを風乾し, 目開き2 mmのふるいを通した。この風乾土から33 g程度を4つ取り出し, そのうち1つはそのままとしたが, 残り3つはそれぞれ目開き1, 0.5, および0.25 mmのふるいを通るまで土塊を摩砕し, 通した。以上の操作によって, 風乾細土(2 mm), 同(1 mm), 同(0.5 mm), および, 同(0.25 mm)を得た。前述の方法でこれらの強熱減量を求めた。(なお, 本圃場は土壌採取直後に水田として造成され, 2021年春より利用されている。)

強熱減量から炭素含量あるいは腐植含量に換算できるかを検討するため, 文京台および元野幌から数点の風乾細土を選び, NCアナライザー(住化分析センター NC-22F)で乾土あたりの炭素含量を測定した。

### 3. 結果と考察

#### 1) 文京台と元野幌の作土の特徴

文京台(79圃場)では6種類の土色が認められた。すなわち, 黒色が7(9%), 黒褐色が46(58%), 暗褐色が6(8%), 灰黄褐色が1(1%), 暗オリーブ褐色が18(23%), オリーブ褐色が1(1%)であった。元野幌(16圃場)では2種類の土色が認められた。すなわち, 黒色が13(81%), 黒褐色が3(19%)であった。強熱減量の結果を図3に示す。文京台は6.6~23.6%であり, 平均値および中央値はそれぞれ12.1%および, 11.3%であった。元野幌

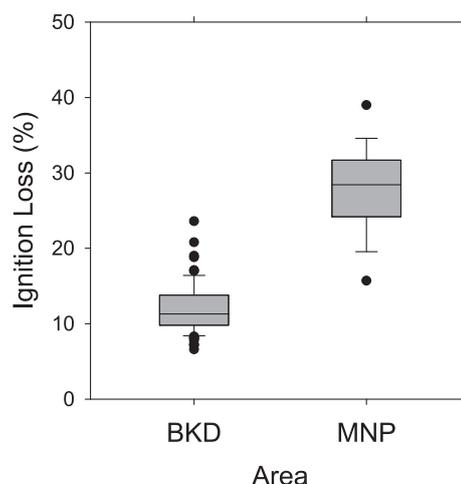


図3 強熱減量の結果

横軸は文京台(BKD)と元野幌(MNP)の土地区分, 縦軸は強熱減量(%)である。文京台および元野幌は, それぞれ79圃場および16圃場である。

は15.7~39.0%であり, 平均値および中央値はそれぞれ27.8%および, 28.5%であった。このように, 元野幌の強熱減量は文京台と比較して高い値であった。

一般的に, 土色は土壌が生成する状況, あるいは物質の溶脱・集積, 酸化・還元を知る重要な指標とされており(藤原ら, 2010), 土壌が黒色である理由は土に入った有機物が土壌動物や微生物らによって分解・合成される過程での「腐植」による着色であるとされている(久馬, 2010)。また, 土色と腐植含量にはある程度の相関関係があるとされている(木嶋, 2014)。強熱減量は土壌中の主に有機物含量(腐植含量)に相当(田中・村田, 2018)する。土壌有機物は, 植物への養分供給, 養分保持と緩衝力の強化, 団粒の形成などの働きがある(松中, 2018)ため, 強熱減量は土壌肥沃度の重要な指標のひとつである。

図4に土色ごとの強熱減量の値を示す。文京台では同じ土色でも強熱減量に幅が認められ, 全体とし



## 2) 活性アルミニウムと強熱減量の関係から紐解く土壤有機物含量を高める要因

### (1) 土壤有機物含量を著しく高める管理

土壤有機物（腐植）が集積する要因はいくつか挙げられるが、そのひとつとして活性アルミニウムがある。その理由は、活性アルミニウムが有機物の微生物的分解を抑制するためである。また、腐植が黒ボク土に含まれるアロフェン・非アロフェン態非結晶アルミニウムと結合して安定化することも要因である（永塚, 2014）。本研究では、図5に示したように、文京台では活性アルミニウムテストの得点が大きくばらついていた。また、天野・水野（2002）が述べているように、文京台の一部には黒ボク土が分布している。以上から、圃場の土壤特性を把握するために、活性アルミニウムと強熱減量の関係を検討することには意義があろう。

なお、活性アルミニウムテストが高い圃場（得点が第三四分位数（18点）以上の圃場）と黒ボク土分布は必ずしも一致するものではなかった。土壤分類では黒ボク土特徴（リン酸吸収係数が基準よりも高いことなど）をもつ層位が一定以上の厚みを持つことで黒ボク土とするのに対し、本研究の活性アルミニウムテストは作土の活性アルミニウムを定性的に評価しているのみであるため、前提として一致するものではないのが理由である。

図6には客土歴がある14圃場を除いた65圃場における活性アルミニウムと強熱減量の関係を示す。全体としては有意な相関は認められなかった。その理由として、極めて高い強熱減量の4つの圃場（図6の●）があるためと考えられた。具体的には、活性アルミニウム得点が17点と中程度であるにもかかわらず、強熱減量が23.6%と極めて高いNo.22圃場がある。この圃場は文京台唯一の放牧地であり、面積あたり乳牛頭数の極めて多い放牧（重放牧）が過去16年間継続されていた。さらに、活性アルミニウム得点が1点と極めて低いが、強熱減量が15.2および19.0%と高いNo.33およびNo.38圃場がある。これらの圃場は長期間（34および26年）に渡って草地更新されていなかった。さらに、活性アルミニウム得点が0点と極めて低いが、強熱減量が15.5%と高いFC01圃場がある。聞き取りによれば、ここ数年間、落ち葉堆肥を多く施用していた。

澤本ら（2011）は、文京台No.23圃場において堆肥を連用することで、表層土壤の強熱減量が増加する可能性を示している。西尾ら（2000）によると、トラクタなどで耕耘すると土壤中に酸素が積極的に供給され、微生物活性が上がり有機物含量が低下す

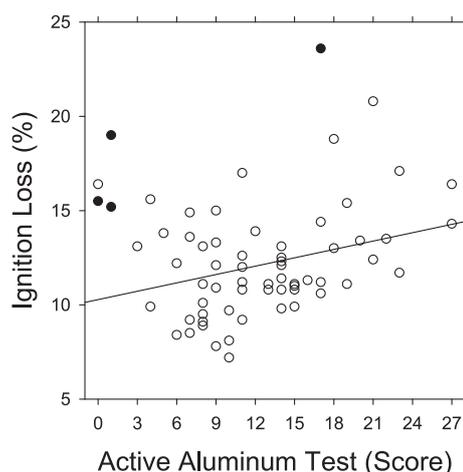


図6 活性アルミニウムテストと強熱減量の関係（文京台全体）

文京台79圃場のうち客土などがない65圃場の結果を示す。このうち、4点の●については本文で説明する。全ての点では有意な相関が認められなかった ( $n=65$ ,  $R^2=0.0282$ ,  $P=0.181$ ) が、4点の●を除いたところ、有意な正の相関が認められた ( $n=61$ ,  $R^2=0.102$ ,  $P=0.012$ ,  $Y=10.274+0.148X$ )。

るが、草草が維持されている場合は耕耘されないため分解が抑制される。実際に、三木（1993）は、草地更新の直後から、表層土壤（0～5 cm）の有機物含量が経年的に上昇することを示している。以上より、堆肥の多投入や重放牧では多くの有機物が土壤表面に還元されていたこと、あるいは長期間にわたり草地更新されていないことで、上記の4圃場は土壤有機物含量を著しく高める条件であったと考えられる。そこで、これらの4圃場を除いたところ、活性アルミニウムと強熱減量には弱いながらも正の有意な相関が認められた。つまり、全体的には、活性アルミニウムの多少によって、土壤有機物含量が弱く決定づけられていると思われる。次項以降では上記4圃場を除いて考察を進めることとする。

### (2) 土壤有機物含量を高める自然的・人為的要因

前述のデータは土地利用、すなわち飼料作物生産圃場（酪農生産ステーション）と一般作物生産圃場（作物生産ステーション）、を区別しないものであった。前者は主に乳牛飼養のための採草地と飼料用トウモロコシ畑であり、後者は主にコムギや野菜などの畑作と園芸畑である。両者は耕起や堆肥散布などの管理が大きく異なっている。例えば、前者では採草地の期間があるため後者よりも裸地期間が短い上、堆肥やバイオガスプラントでつくられた消化液が定期的に施用されており、飼料用トウモロコシの刈株や根が土壤に還元されている。採草地の場合、表層土壤の有機物含量が経年的に上昇し、草地更新

でそれが土壌に還元されている。一方、後者では管理が様々であると思われる。また、圃場分布も大きく異なっている。すなわち、前者は文京台内に広く(約 52.9 ha) 分布し、後者は高位段丘の小面積(約 0.5 ha) と移行斜面下部から低位段丘にかけての小面積(約 1.4 ha) で局在している。このように酪農生産ステーションと作物生産ステーションでは管理面と圃場分布が大きく異なっているため、区別して検討することとする。

まず、酪農生産ステーション内で検討するが、土壌が採取された深さによって強熱減量に差がないかどうかを検討しておく。本学では、北海道施肥ガイド(北海道農政部, 2020) に準拠して維持管理草地では深さ 0~5 cm の、それ以外の圃場では 0~15 cm の土壌が採取されている。採草地の表層(0~5 cm) は経年的に有機物含量が増加すると三木(1993) は示しているため、本研究でも深さ 0~5 cm で採取された土壌の強熱減量は 0~15 cm で採取された土壌よりも高くなるかもしれないためである。図 7 には、酪農生産ステーションの 31 圃場について、活性アルミニウムと強熱減量の関係を土壌採取深ごとに示す。図 7 (A) ではどちらの深さも同じようにばらついており、土壌採取深による差はないようにみえる。図 7 (B) にまとめて示すと、深さ 0~5 cm で採取された土壌の強熱減量はやや高いようにみえるものの、採取深による有意な差は認められなかった。以上より、酪農生産ステーション内では土壌採取深による区別は必要ないと判断した。

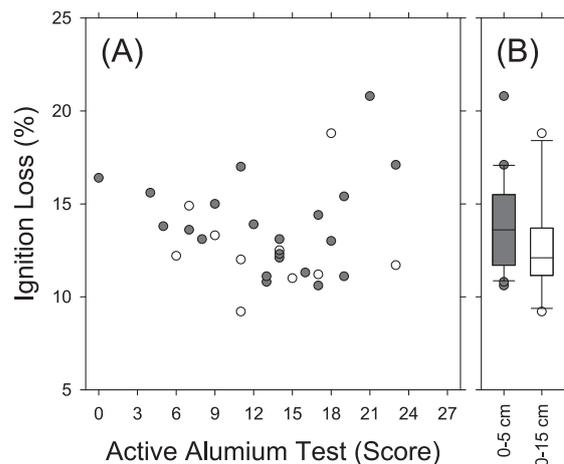


図 7 活性アルミニウムテストと強熱減量の関係(酪農生産ステーション内における採土深のちがいを)

(A) は、図 6 の 61 圃場の結果のうち、飼料作物生産圃場(酪農生産ステーション)の結果を示す。●は作土 0~5 cm で採取された 21 圃場の結果を示し、○は作土 0~15 cm で採取された 10 圃場の結果を示す。(B) は採取深ごとの強熱減量を示す。採取深による強熱減量の有意差は認められなかった ( $t$  検定:  $t=1.212$ ,  $P=0.235$ )。

図 8 には、ステーションごとに活性アルミニウムと強熱減量の関係を示す。酪農生産ステーション 31 圃場全体として関係性は見えないが、強熱減量が高い、中程度、および低い群に区分できると考えられた。強熱減量が 15.6~20.8% と高い群の 5 圃場では活性アルミニウムと強熱減量に正の有意な相関が認められた。これらの 5 圃場は No. 8, 9, 24, 27, および 29 であるが、強熱減量が極めて高かった No. 22(放牧地)とともに標高が 36~42 m と低く、国道

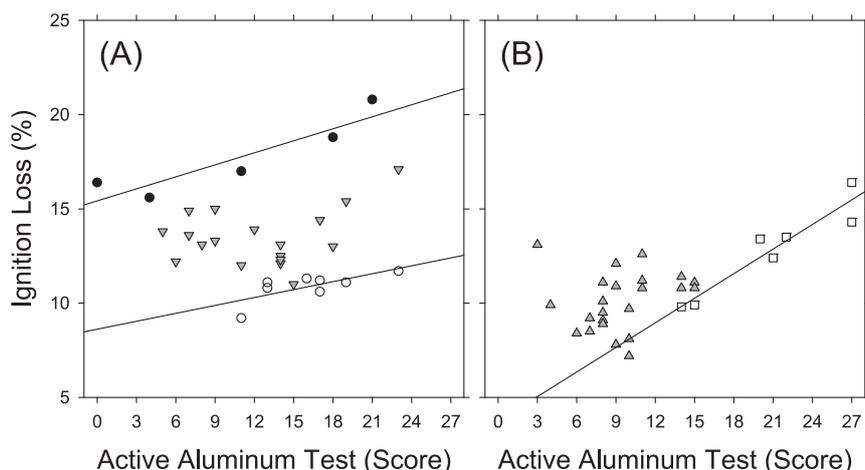


図 8 活性アルミニウムテストと強熱減量の関係(酪農生産ステーションと作物生産ステーション)

(A) は図 6 の 61 圃場の結果のうち、酪農生産ステーション 31 圃場の結果を示し、●は強熱減量が高い圃場、▼は強熱減量が中程度の圃場、○は強熱減量が低い圃場を示す。(B) は作物生産ステーション 30 圃場の結果を示し、□は活性アルミニウムが高い圃場、▲は活性アルミニウムが低い圃場を示す。回帰直線が示されている圃場群については、以下のような正の有意な相関が認められた。

●:  $n=5$ ,  $R^2=0.826$ ,  $P=0.032$ ,  $Y=15.426+0.212X$

○:  $n=8$ ,  $R^2=0.511$ ,  $P=0.046$ ,  $Y=8.614+0.140X$

□:  $n=7$ ,  $R^2=0.894$ ,  $P=0.001$ ,  $Y=3.740+0.435X$

12号沿いに並んで位置しており、かつ、天野・水野(2002)が示した黒ボク土の分布領域内に位置している。一方、強熱減量が9.2~11.7%と低い群の8圃場でも活性アルミニウムと強熱減量に正の有意な相関が認められた。これらの8圃場はNo. 11, 12, 15~20であるが、標高54~61mの範囲にまとまって位置しており、かつ、天野・水野(2002)が示した灰色台地土・黄色土の分布領域内に位置している。その他の18圃場は強熱減量が中程度で活性アルミニウムと強熱減量に相関が認められず、位置にも特徴の特徴はない。

作物生産ステーション30圃場については、全体的に酪農生産ステーションと比較して強熱減量が低い。活性アルミニウムテストの結果が14点以上を示した7圃場では活性アルミニウムと強熱減量に正の有意な相関が認められた。これらの7圃場はFE01~FF04であるが、標高58~60mの高位段丘の範囲に局在しており、かつ、天野・水野(2002)が示した灰色台地土・黄色土の分布領域内に位置している。すなわち、上記で述べた酪農生産ステーションの強熱減量が低い群の8圃場と位置的に近く、強熱減量も同程度であるという共通性がある。これに対して、活性アルミニウムが14点以下の23圃場では活性アルミニウムと強熱減量に有意な相関はなく、強熱減量の値はばらついており、酪農生産ステーションよりも低い傾向を示している。これらの23圃場は標高40~49mの範囲で移行斜面下部から低位段丘に局在している。

このように図8から重要な特徴がいくつも明らかになった。すなわち、①強熱減量が高い、つまり土壤有機物含量が高い圃場は飼料作物生産圃場(酪農生産ステーション)として利用されており、低位段丘面の国道12号付近に位置し、黒ボク土分布領域内に含まれる圃場群であること、②灰色台地土・黄色土が分布する標高の高い圃場群では、両生産圃場で土壤有機物含量が低いこと、③上記①②の両圃場群では活性アルミニウムと強熱減量に正の有意な相関があること、④それ以外の圃場では、飼料作物生産圃場では土壤有機物含量が中程度であるが、一般作物生産圃場(作物生産ステーション)ではこれより低いこと、である。

以上の特徴から、文京台における土壤有機物含量の多少は複合的な要因によるものと考えられる。まず、自然的な要因としての土壤生成である。標高差で土壤侵食が生じ、火山灰をふくめて低位に有機物に富む表土が流されること(上記①②)、および、活性アルミニウムが高いこと(上記③)が土壤有機物

含量を高める要因であると考えられる。つまり、母材と地形という要因にまとめられるだろう。次に、人為的な要因として、飼料作物生産圃場としての土地利用が土壤有機物含量を高めている可能性がある(上記④)。これは、上述したように飼料作物生産圃場では採草地の期間があるため裸地期間が短く、刈株や根が土壤に還元され、定期的・継続的に堆肥・消化液が施用されているためであろう。さらに、土壤有機物分解を抑制する管理(長期間の草地未更新(不耕起))と有機物が多く投入される管理(重放牧や堆肥多施用)(図6)は、特に土壤有機物含量を高める管理である。

### 3) 本研究の簡易分析手法について

#### (1) 土色

現地においては乾湿により土色が変化することは日常的であろう。本研究では風乾細土を湿性化した際の色相/明度/彩度を記録したが土壤水分を厳密に制御したものではないため、ある程度の誤差が含まれていることは否めない。したがって、現地土色と風乾細土の湿性化土色が完全に一致するものではない。加えて、還元状態で発達して青灰色といった特徴的な色を呈するグライ層やそれに近い土壤層位を風乾細土にすると必然的に酸化状態となってしまうため、湿性化土色は現地土色と乖離することが予想される。また、湿性化で還元状態を再現することも困難と思われるため、風乾細土の湿性化土色には注意が必要な場面があるだろう。しかし、作土は通常酸化状態であるため、大雑把な色の把握としては本研究で実施した手法も簡易で一定の結果を得られたために有用と思われる。

なお、風乾細土の湿性化土色をもう少し厳密に評価するのであれば、風乾細土作成時のふるいの目開き、湿性化時の風乾細土の厚みや含水比をよく検討した上で、機器による測定もよいかもしれない。例えば、 $L^*a^*b$ 表色値ではL値と腐植含量に負の有意な相関があることも知られている(白鳥, 2020)。

#### (2) 強熱減量

ふるいの目開きによる強熱減量の結果を表1に示す。目開きが小さくなると強熱減量が増加する傾向が認められた。これは、土塊が小さくなると比表面積が大きくなるため、強熱の効果が増加したためかもしれない。ただし、目開き2mmでは10.7%、0.5mmでは10.9%であった。すなわち、0.2ポイントの上昇にすぎないため、本研究で得られた強熱減量は公定法で得られるものと同等であると考えら

表1 ふるいの目開きごとの強熱減量 (%)

目開き	反復1	反復2	反復3	平均
2 mm	10.5	10.8	10.8	10.7
1 mm	10.7	10.9	10.8	10.8
0.5 mm	10.9	10.9	11.0	10.9
0.25 mm	11.1	11.1	11.1	11.1

れる。

図9に強熱減量と全炭素含量の関係を示す。文京台と元野幌の風乾細土はひとつの回帰式として表現された。中橋・橋本(1995)は道内で採取された93点の風乾細土を用いて、強熱減量とCNコーダで求めた「CN腐植」の関係を報告している。すなわち、強熱減量法による腐植含量の推定精度は十分に信頼できるとし、回帰式として「CN腐植 (%) =  $-1.46 + 0.79$  強熱減量 (%)  $R^2 = 0.921$ 」を示している。CN腐植 (%) は全炭素含量に1.724を乗じたものであるため、回帰式全体を1.724で除すと回帰式は「全炭素含量 (%) =  $-0.85 + 0.46$  強熱減量 (%)」となる。これは本研究の回帰式「全炭素含量 (%) =  $-1.703 + 0.447$  強熱減量 (%)」(図9)と類似するものである。

以上から、強熱減量と全炭素含量あるいは腐植含量は明確な対応関係があり、相互に換算可能なものである。

### (3) 活性アルミニウム

活性アルミニウムテストでは既述のように各著者が風乾細土ごとに9点満点で採点した。文京台79圃場では調査者の平均値は4.30, 4.29, および4.71点であった。分散分析(繰り返しのない二元配置)の結果、調査者による有意性が検出された( $P < 0.001$ )。すなわち、4.30と4.29には有意差がなく、4.71が有意に高かった。この原因は不明であるが、このようなテストを複数人で行う場合に試料全体を分割して、担当者を割り振ることは不適切であるといえよう。例えば、試料連番が1~90であった場合、1~30, 31~60, および61~90にそれぞれA, B, およびCを割り振り、データを集約するのは避けるべきである。なお、本研究では、全ての試料について3名の結果を得て、それらを合計しているため問題ない。

このように個人差はあるものの、結果のように活性アルミニウムテストの得点は0~27点の幅広い範囲をとり、それが強熱減量と有意な相関が認められたことは、風乾細土を用いた簡易な活性アルミニウムテストの有効性を示している。したがって、関連

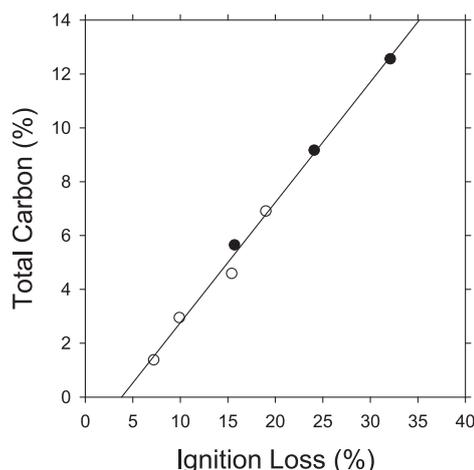


図9 強熱減量と全炭素含量の関係

横軸は強熱減量 (%) を示し、縦軸はNCアナライザーで分析した全炭素含量 (%) を示す。○は文京台の4圃場 (No.35, No.38, FA07, FB14) を示し、●は元野幌の3圃場 (2-3, 2-7, 2-8) を示す。有意な正の相関が認められた ( $n=7$ ,  $R^2=0.993$ ,  $P<0.001$ ,  $Y = -1.703 + 0.447X$ )。

性が高く定量的な別の分析項目(例:リン酸吸収係数など)と活性アルミニウムテスト得点との相関や回帰式を得ておくことは、風乾細土から別の特性を手軽に推定できることになるとも考えられる。今後、このようなことも研究対象としたい。

## 4. 要 約

土壌は作物生産の基盤であるため、土壌特性の把握は高収量・高品質の作物生産のために重要である。文京台と元野幌のほぼ全ての圃場の作土(風乾土)の土色、強熱減量、および活性アルミニウムを簡易的に分析した。また、圃場管理について技師らから情報を得た。その結果、元野幌は非黒ボク土で土壌有機物に富んでいるが、文京台は黒ボク土を含む多様な土壌であることを再確認した。文京台では、自然のおよび人為的な要因の組み合わせ、すなわち、土壌生成(母材・地形)、土地利用(飼料作物生産)、および、圃場管理(有機物多施用・長期不耕起)によって、土壌有機物含量が高まっていると考えられた。作土のみを対象とした簡易分析でも、活性アルミニウムと強熱減量の関係から上記の結果が明らかとなった。

**謝 辞:** 研究を遂行するにあたり、本学の三枝俊哉教授から多くのご助言を賜った。川岸孝博技師には風乾細土の調製と聞き取り調査にご協力をいただいた。保原 達教授ならびに金子 命助手には全炭素含量分析にご協力をいただいた。ここに記して感謝します。

## 文 献

- 秋田重誠・塩谷哲夫編 2006. 植物生産技術学, p. 25. 文永堂出版, 東京.
- 天野洋司・水野直治 2002. 酪農学園の自然(土壌篇) 野幌層の誕生と学園の土壌, p. 5-8, 25-29, 32, 44. 酪農学園大学, 江別.
- 土壌環境分析法編集委員会編 1997. 土壌環境分析法, p. 19. 博友社, 東京.
- 藤原俊六郎・安西徹郎・小川吉雄・加藤哲郎編 2010. 新版 土壌肥料用語事典 第2版, p. 31-32. 農山漁村文化協会, 東京.
- 北海道農政部編 2020. 北海道施肥ガイド2020, p. 5, 180. 北海道農業改良普及協会, 札幌.
- 木嶋利男 2014. 「育つ土」を作る家庭菜園の科学 有機物や堆肥をどう活かすか, p. 39-40. 講談社, 東京.
- 菊地晃二 2008. 段丘土壌と農業 十勝平野をどう活かすか, p. 4-7, 69, 137-138. 古今書院, 東京.
- 久馬一剛 2010. 土の科学 いのちを育むパワーの秘密, p. 063. PHP 研究所, 東京.
- 久馬一剛・佐久間敏雄・庄子貞雄・鈴木 皓・服部勉・三土正則・和田光史編 1993. 土壌の事典, p. 69. 朝倉書店, 東京.
- 松中照夫 2018. 新版 土壌学の基礎(農学基礎シリーズ) 生成・機能・肥沃度・環境, p. 35. 農山漁村文化協会, 東京.
- 三木直倫 1993. 寒冷地における草地土壌の有機物並びに窒素の経年的動態とそれに基づく窒素施肥管理法に関する研究, 北海道立農業試験場報告, 79, 1-98.
- 永塚鎮男 2014. 土壌生成分類学 改訂増補版, p. 175. 養賢堂, 東京.
- 中橋正行・橋本 均 1995. 土壌診断の簡便化について—腐植および湛水法ケイ酸の場合—. 北農, 62, 276-281.
- 日本ペドロロジー学会編 1997. 土壌調査ハンドブック 改訂版, p. 97. 博友社, 東京.
- 西尾道徳・古在富樹・奥 八郎・中筋房夫・沖 陽子 2000. 基礎農学セミナー作物の生育と環境, p. 74-75. 農山漁村文化協会, 東京.
- 丹羽勝久 2021. センシング技術を活用した黒ボク土畑の圃場特性の評価. 土壌の物理性, 147, 11-16.
- 野 英二 2005. 野幌層丘陵地における飼料作物生産量の実測とそれに基づく土地面積当り乳生産に関する研究. 酪農学園大学紀要 自然科学編, 30, 27-92.
- 澤本卓治・青木理有・松中照夫 2011. 消化液・堆肥・化学肥料の長期連用草地における土壌物理化学性—開始6年目までの結果—. 酪農学園大学紀要 自然科学編, 36(1), 1-15.
- 白鳥 豊 2020. 土壌の色. 犬伏和之・白鳥 豊編 改訂 土壌学概論, p. 40-41. 朝倉書店, 東京.
- 田中治夫・村田智吉 2018. 土壌環境調査・分析法入門, p. 186. 講談社, 東京.

## Summary

Soils are fundamental to crop production, and knowledge of soil properties is essential for high-yield and high-quality production. Using a simplified method, we measured soil color, ignition loss, and active aluminum of air-dry topsoil collected from most fields in the Bunkyo dai and Motonopporo areas of our university campus. We also interviewed field administrators. The results reconfirmed that the Bunkyo dai soils are of various types, including Andosol, and that the Motonopporo soils are non-Andosol with a high soil organic matter content. The results indicate that the soil organic matter content in Bunkyo dai is enhanced by both natural and human-induced factors, namely soil formation (parent material, topography), land use (forage crop production), and field management (inputs of organic matter, long-term no-tillage). Despite the simple method targeting topsoil only, these findings are evident from the relationship between active aluminum and ignition loss.

付表 圃場情報と結果一覧

圃場 名称	圃場 面積 ha	圃場位置情報			客土等 履歴†	採取の 深度‡	土色		強熱 減量 %	活性アルミニウムテスト			
		北緯	東経	標高 m			色相/明度/彩度	名称		石田	小金	澤本	合計
元野幌 (16 圃場)													
2-1	2.4	43.11117	141.48662	2			10YR/1.7/1	黒色	25.7	0	0	0	0
2-2	2.3	43.11093	141.48762	2			10YR/1.7/1	黒色	32.7	0	0	0	0
2-3	2.3	43.11063	141.48854	2			10YR/1.7/1	黒色	32.1	0	0	1	1
2-4	2.4	43.11045	141.48964	2			10YR/1.7/1	黒色	32.5	0	1	0	1
2-5	2.5	43.11004	141.49058	2			10YR/2/1	黒色	28.9	0	0	0	0
2-7	1.3	43.11265	141.48798	2			10YR/2/2	黒褐色	15.7	0	0	0	0
2-8	2.2	43.11221	141.49006	2			10YR/2/2	黒褐色	24.1	0	0	0	0
2-9	2.4	43.11222	141.49179	2			10YR/1.7/1	黒色	23.8	0	0	0	0
2-10	1.5	43.11196	141.49282	2			10YR/2/1	黒色	39.0	0	0	0	0
3-2	5.5	43.10862	141.49665	3			10YR/2/2	黒褐色	21.2	0	0	0	0
3-4	5.7	43.11087	141.49692	2			10YR/1.7/1	黒色	24.5	0	0	1	1
3-5	5.6	43.11184	141.49723	2			10YR/2/1	黒色	25.9	0	1	0	1
4-1	7.6	43.10625	141.49294	2			7.5YR/1.7/1	黒色	30.5	0	0	0	0
4-2	2.9	43.10449	141.49193	3			10YR/1.7/1	黒色	30.4	0	0	0	0
4-4	5.7	43.10549	141.49566	4			10YR/1.7/1	黒色	28.0	0	1	0	1
4-5	1.1	43.10397	141.49425	3			7.5YR/2/1	黒色	29.5	0	0	1	1
文京台 (79 圃場)													
No.3	1.2	43.07349	141.50402	41		○	10YR/3/2	黒褐色	12.1	4	5	5	14
No.5	1.0	43.07430	141.50524	41		○	10YR/2/2	黒褐色	13.1	4	4	6	14
No.6	2.4	43.07450	141.50678	42			2.5Y/3/3	暗オリーブ褐色	11.0	5	5	5	15
No.7	1.9	43.07506	141.50761	42			2.5Y/3/2	黒褐色	12.5	4	4	6	14
No.8	1.4	43.07565	141.50839	42		○	10YR/3/2	黒褐色	15.6	1	1	2	4
No.9	2.0	43.07604	141.50900	42		○	10YR/2/2	黒褐色	17.0	3	4	4	11
No.10	1.6	43.06948	141.50350	53		○	10YR/3/2	黒褐色	13.0	6	6	6	18
No.11	2.0	43.06960	141.50429	55		○	2.5Y/3/3	暗オリーブ褐色	11.1	7	6	6	19
No.12	1.7	43.06984	141.50490	56		○	10YR/4/2	灰黄褐色	10.8	4	4	5	13
No.13	1.6	43.06997	141.50561	55		○	10YR/3/3	暗褐色	14.4	5	6	6	17
No.14	1.8	43.07000	141.50645	58		○	10YR/3/3	暗褐色	13.6	3	2	2	7
No.15	1.4	43.06751	141.50246	54		○	2.5Y/3/3	暗オリーブ褐色	11.1	4	4	5	13
No.16	0.8	43.06752	141.50303	54		○	10YR/2/3	黒褐色	11.3	5	5	6	16
No.17	1.1	43.06755	141.50357	54			2.5Y/4/3	オリーブ褐色	9.2	3	4	4	11
No.18	2.0	43.06803	141.50553	59			2.5Y/3/3	暗オリーブ褐色	11.2	5	6	6	17
No.19	2.0	43.06737	141.50562	61			10YR/3/3	暗褐色	11.7	8	7	8	23
No.20	1.2	43.06666	141.50614	61		○	2.5Y/3/3	暗オリーブ褐色	10.6	5	6	6	17
No.22	1.5	43.07759	141.50968	42		○	10YR/2/2	黒褐色	23.6	5	6	6	17
No.23	0.9	43.07742	141.51275	41		○	2.5Y/3/3	暗オリーブ褐色	13.8	2	2	1	5
No.24	0.9	43.07856	141.51132	38		○	7.5YR/2/1	黒色	20.8	6	7	8	21
No.25	2.0	43.07855	141.51430	40			10YR/3/1	黒褐色	13.3	3	2	4	9
No.26	1.9	43.07906	141.51366	38			10YR/3/1	黒褐色	14.9	3	2	2	7
No.27	1.2	43.07944	141.51312	38			10YR/2/1	黒色	18.8	7	5	6	18
No.28	1.9	43.08013	141.51523	37		○	2.5Y/3/2	黒褐色	13.1	3	2	3	8
No.29	1.4	43.08061	141.51596	36		○	10YR/3/2	黒褐色	16.4	0	0	0	0
No.31	1.6	43.07753	141.51460	44			2.5Y/3/3	暗オリーブ褐色	12.2	2	2	2	6
No.32	2.2	43.07889	141.51703	45			10YR/3/2	黒褐色	12.0	4	3	4	11
No.33	0.4	43.07901	141.51906	47		○	10YR/3/2	黒褐色	15.2	0	1	0	1
No.34	1.8	43.08053	141.51871	39		○	2.5Y/3/3	暗オリーブ褐色	12.3	4	4	6	14
No.35	1.4	43.08012	141.51925	45		○	2.5Y/3/3	暗オリーブ褐色	15.4	5	7	7	19
No.36	1.8	43.08124	141.51666	35		○	10YR/3/2	黒褐色	15.0	3	3	3	9
No.37	1.5	43.08162	141.51703	34		○	10YR/3/2	黒褐色	13.9	4	4	4	12
No.38	0.7	43.08185	141.51868	34		○	10YR/3/2	黒褐色	19.0	0	1	0	1
No.39	0.7	43.07396	141.51509	56		○	10YR/1.7/1	黒色	17.1	8	7	8	23
No.40	2.0	43.07996	141.52593	37		○	10YR/3/2	黒褐色	9.6	5	7	6	18
FA04	0.175	43.07356	141.50692	44			2.5Y/3/2	黒褐色	11.4	4	5	5	14
FA05	0.051	43.07296	141.50629	45			7.5YR/3/2	黒褐色	9.1	3	2	3	8
FA06	0.048	43.07290	141.50620	45			10YR/3/2	黒褐色	10.1	3	2	3	8
FA07	0.041	43.07336	141.50558	43			10YR/2/2	黒褐色	9.9	2	0	2	4
FB01	0.022	43.07260	141.50588	49			10YR/3/3	暗褐色	9.7	4	3	3	10
FB02	0.022	43.07248	141.50570	45			10YR/3/2	黒褐色	10.9	2	3	4	9
FB04	0.022	43.07223	141.50530	44			2.5Y/3/3	暗オリーブ褐色	10.8	4	3	4	11

付表 圃場情報と結果一覧(つづき)

圃場 名称	圃場 面積 ha	圃場位置情報			客土等 履歴†	採取の 深度‡	土色		強熱 減量 %	活性アルミニウムテスト			
		北緯	東経	標高 m			色相/明度/彩度	名称		石田	小金	澤本	合計
FB05	0.022	43.07210	141.50513	44			10YR/2/3	黒褐色	12.6	4	3	4	11
FB13	0.006	43.07246	141.50605	46	○		10YR/2/2	黒褐色	10.0	9	9	9	27
FB14	0.009	43.07240	141.50595	46			2.5Y/3/3	暗オリーブ褐色	7.2	3	3	4	10
FB15	0.006	43.07233	141.50587	45			2.5Y/3/3	暗オリーブ褐色	8.1	3	4	3	10
FB16	0.009	43.07227	141.50577	45			2.5Y/3/3	暗オリーブ褐色	8.5	3	2	2	7
FB17	0.006	43.07220	141.50569	45	○		7.5YR/2/1	黒色	9.0	7	9	9	25
FB18	0.010	43.07214	141.50557	45			10YR/3/2	黒褐色	8.9	3	2	3	8
FB19	0.029	43.07254	141.50580	45			2.5Y/3/3	暗オリーブ褐色	7.8	3	3	3	9
FB20	0.031	43.07241	141.50562	45			2.5Y/3/3	暗オリーブ褐色	8.4	3	2	1	6
FB21	0.033	43.07227	141.50542	45			2.5Y/3/3	暗オリーブ褐色	9.2	3	2	2	7
FB22	0.027	43.07216	141.50523	45			7.5YR/3/2	黒褐色	12.1	3	3	3	9
FB23	0.020	43.07306	141.50494	43	○		5YR/1.7/1	黒色	6.6	9	9	9	27
FB24	0.020	43.07307	141.50473	43	○		7.5YR/1.7/1	黒色	7.2	9	9	9	27
FB25	0.006	43.07208	141.50548	45			10YR/3/3	暗褐色	9.5	3	2	3	8
FB26	0.008	43.07202	141.50538	45			10YR/2/3	黒褐色	11.1	3	2	3	8
FB27	0.006	43.07196	141.50530	45			10YR/2/2	黒褐色	10.8	5	4	5	14
FC01	0.022	43.07179	141.50478	44			10YR/2/2	黒褐色	15.5	0	0	0	0
FC02	0.022	43.07170	141.50465	44			5YR/2/1	黒褐色	13.1	1	1	1	3
FC05	0.022	43.07204	141.50446	43	○		10YR/2/1	黒色	16.3	2	1	2	5
FC06	0.022	43.07195	141.50433	43	○		10YR/3/1	黒褐色	14.9	0	1	0	1
FC07	0.077	43.07181	141.50408	44	○		10YR/3/2	黒褐色	10.0	4	2	3	9
FC08	0.077	43.07225	141.50403	42	○		10YR/3/1	黒褐色	8.1	8	9	9	26
FC09	0.077	43.07206	141.50376	43	○		10YR/2/2	黒褐色	8.3	8	7	8	23
FD01	0.139	43.07288	141.50331	40			10YR/2/2	黒褐色	11.1	4	5	6	15
FD02	0.139	43.07277	141.50311	40			10YR/2/2	黒褐色	10.8	4	5	6	15
FD03	0.139	43.07264	141.50295	40			10YR/2/3	黒褐色	11.2	4	3	4	11
FE01	0.010	43.06980	141.50787	59			10YR/2/2	黒褐色	13.4	6	7	7	20
FE02	0.010	43.07006	141.50787	59	○		10YR/3/2	黒褐色	13.3	9	9	9	27
FE09	0.011	43.06981	141.50801	59			10YR/3/2	黒褐色	14.3	9	9	9	27
FE10	0.015	43.07008	141.50797	59	○		10YR/2/2	黒褐色	11.2	9	9	9	27
FE11	0.028	43.07075	141.50771	58			10YR/3/3	暗褐色	9.9	4	5	6	15
FE12	0.062	43.06984	141.50756	59	○		7.5YR/3/2	黒褐色	8.6	4	5	5	14
FE13	0.032	43.06981	141.50727	60	○		2.5Y/3/3	暗オリーブ褐色	9.8	3	3	4	10
FF01	0.104	43.06776	141.50784	59			10YR/3/2	黒褐色	9.8	4	5	5	14
FF02	0.098	43.06774	141.50758	60			10YR/3/2	黒褐色	12.4	6	7	8	21
FF03	0.073	43.06832	141.50774	60			2.5Y/3/3	暗オリーブ褐色	13.5	7	7	8	22
FF04	0.098	43.06831	141.50749	60			10YR/2/2	黒褐色	16.4	9	9	9	27

† 客土歴がある圃場、砂・がれき等が入っているという情報があった圃場（文京台のみ）

‡ 草地の維持管理段階のため、2019年秋の土壌採取深度が0~5cmと浅かった圃場（文京台のみ）

No.3~No.40：飼料作物生産圃場（酪農生産ステーション）

FA04~FF04：一般作物生産圃場（作物生産ステーション）