

2021 年度
修士論文

酪農学園圃場の作土の土壤有機物含量に
関する考察

Discussion of the topsoil organic matter
content in Rakuno Gakuen fields

22031001

石田 清二
Seiji Ishida

指導教員 土壤植物栄養学 教授 澤本 卓治
酪農学園大学大学院酪農学研究科

目次

本研究全体の背景と目的	1
第1章 酪農学園圃場の風乾細土簡易分析から見た土壤有機物と立地・管理の関係性	
1. 背景と目的	4
2. 材料と方法	
1) 供試土壌	6
2) 土色判定	6
3) 強熱減量	7
4) 活性アルミニウムテスト	8
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	8
3. 結果と考察	
1) 文京台と元野幌の作土の特徴	9
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	11
(2) 土壤有機物含量を高める自然的・人為的要因	13
3) 本研究の簡易分析手法について	
(1) 土色	16
(2) 強熱減量	17
(3) 活性アルミニウム	18
4. 結論	19
5. 図	20
6. 表	29
第2章 酪農学園圃場の風乾細土の強熱減量（土壤有機物含量）の経年的変化	
1. 背景と目的	30
2. 材料と方法	31
3. 結果	
1) ふるい目の目開きのちがいによる強熱減量への影響	31
2) 強熱減量の経年的変化	32
4. 考察	
1) 炭素貯留量の試算・比較	33
2) 空間変動との対応関係	
(1) 強熱減量が極めて高い圃場	35
(2) 低位段丘面の結果から	37
3) 圃場履歴が強熱減量の増減に与える影響	39

4) 土壌炭素貯留（増加）と炭素消耗（減少）が数圃場で認められた理由	41
5. 結論	43
6. 図	45
7. 表	87
第3章 総合考察	90
1. 図	92
研究全体の要約	94
Abstract	94
謝辞	96
引用文献	96
付表	101

本研究全体の背景と目的

本研究では「土壌有機物」に注目することとした。「土壌有機物」の定義は、専門家のあいだでも少しずつ異なっているのが実情である。すなわち、土の百科事典編集委員会編（2014）では「土壌中で作られた高分子有機物であり、これは土壌腐植と称され、大部分は腐植物質とされる。また、土壌有機物は農耕地土壌に必要な機能を持ち、これを維持することが“土づくり”の基本とされている。土に加えられた有機質資材は長時間をかけて腐植物質に変化し、その機能を発揮する」と記述されている。一方、久馬（1997）では「土壌有機物は、土壌中の動植物残渣や微生物を除くすべての有機物を意味しており、腐植とも呼ばれる」と定義されており、前者の引用文献では土壌有機物と土壌腐植物質を区分しているようであるが、後者は区分していないようである。なお、私は後者を支持するため、以下「土壌有機物」と述べた場合上述のように区分していないことをご了承いただきたい。

そのような「土壌有機物」であるが、その機能はいくつもあり、例えば、土壌 pH の緩衝力の強化や団粒形成、吸熱・保温効果などがある（松中，2018）。この団粒形成機能には土壌微生物が関与しており、有機物を施用すると好気性微生物が増殖し、それらが酸素を消費すると嫌気性も共存できるようになり、これらの菌体から種々の分泌物が排出され、それらと土壌粒子が集まり団粒を形成し、土壌の物理性・化学性が維持されるとされている（小林，1986）。坂本（1997）は、土壌微生物バイオマスを特徴づけるのは微生物の増殖・死滅に伴う期間の代謝回転時間であるとし、これは土壌有機物の中で最も短い画分とされているため、土壌有機物を構成しているものとして重要とされて

いる。そのため、土壌有機物とその機能および土壌（微）生物と有機物の施用には強い関係があるといえる。

ところで、日本土壌肥料学会（2015）がいうように自然の土壌生成の過程では有機物が蓄積されるが、農地では作物を収穫すると、根や地上部の遺体が土壌へ戻る量は少なくなるため、土壌中の有機物が減少し、それによって土壌劣化が起きる。また、具体例が示されており、物理的土壌劣化の例としてクラストによる発芽の阻害、主に農業機械による踏圧、侵食による肥沃な表土の流亡などが挙げられ、いずれも土壌有機物の減少に伴い団粒構造が不安定化し、破壊されやすくなっているのが原因と述べられている。このことに関して、小八重・飛谷（2021）は土壌劣化の一種である土壌排水性不良の要因などを本学圃場で探求し、改善案などを示している。すなわち、大小の土壌団粒間隙により排水性・保水性を両立させるために、過度にロータリー（過度の碎土）を入れず、団粒構造の骨格となる有機物を適切な量で土壌に還元することなどを提案している。

これに加えて、土壌有機物の消耗・分解を抑制することは分解の過程で排出される二酸化炭素（以下「CO₂」と表記する）削減に寄与する（独立行政法人農業環境技術研究所，2010）ため、土壌有機物の重要性は農業のみならず、温暖化緩和となり、地球環境に対しても重要と言って良いだろう。

上述の通り、土壌有機物は多様な面で重要であることが窺えよう。そのため、酪農学園内の圃場全ての作土を簡易的に分析し、土壌有機物含量の空間分布・時間変動を把握、および、簡単に圃場履歴との対応などを検討して結果を考察した。つまり、第1章では圃場全体の強熱減量から土壌有機物含量の位置分布について検討し、第2章では経

年的な変化について検討することになる。つまり，前者は土壤有機物の空間分布について，後者は時間変動について検討することである。

なお，本修士論文の第1章は筆者が投稿論文（石田ら，2021）としてすでに発表した内容であり，第2章は第1章内容を発展させようとしたものである。

第 1 章 酪農学園圃場の風乾細土簡易分析から見た土壤有機物と立地・管理の関係性

1. 背景と目的

土壤は作物の根，地下茎が生育する場であり，土壤の諸性質は根や作物全体に影響を及ぼすため，土壤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壤から供給される養分の把握が必要であるため，土壤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，圃場作土の土壤分析値（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，客土などの土壤改良や自然的要因により土壤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、ここは主に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、これに火山灰が降下・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下し、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、

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0.5 mm）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（付表1-1）。

2) 土色判定

ろ紙（ADVANTEC 5B）を短冊状（約2 cm × 約5 cm）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0.2 gであった）。文京台では水で濡らしたペーパー

一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 1-1）。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、この時の土色を同様に記録した。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 ），11 g 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。125 mm 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ごみ袋を机上に敷き，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 0.02 g であった），1 mol/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 1-2）。

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1-3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 1-4 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、全体として土色と強熱減量に関係性はないように見える。ただし、黒色の強熱減量が 17% 未満の 4 圃場には客土歴がある（付表 1-1）。これらを除いた黒色の 3 圃場の強熱減量（17% 以上）は黒褐色のほとんどの圃場の強熱減量より高い。元野幌でも同様で、黒色の強熱減量は黒褐色のそれよりも明らかに高い。つまり、文京台でも元野幌でも、黒色の強熱減量は黒褐色のそれよりも高いという共通点が認められた。ただし、前述のようにその他の 4 色のあいだでは色による強熱減量の関係はない。なお、黒色内と黒褐色内で元野幌の強熱減量が文京台よりも高いことは、元野幌が有機質に富んだ土壌であることを示している。

活性アルミニウムとは、リン酸吸着活性の高い状態にあるアルミニウムのことであり、この定性的な判定を行うのが活性アルミニウムテストである。かつてはアロフェンテストと呼ばれ、黒ボク土の判定に用いられてきた（黒ボク土のほとんどは陽性を示す）。また、アロフェン以外の形態のアルミニウムにも反応する（久馬ら，1993）。この反応のメカニズムは、火山灰土中の非晶質および準晶質鉱物の表面に多量のアルミニウムがあり、これに水酸基（OH）が結合している状態である。上記にフッ化ナトリウム溶液を加えると、フッ素（F⁻）と水酸基の間に交換反応が起こり、溶液は高い pH を示すようになる（日本土壌肥料学会編，1983）。つまり、この pH の上昇をフェノールフタレイン溶液で確認するということである。しかしながら、非アロフェン質であるにも関わらず高い pH を示すものもあり、これは腐植複合中のアルミニウムと鉄、および 2:1~1:1 型中間種鉱物の層間アルミニウムによるものであり（日本土壌肥料学会編，1983）、そういった一部例

外もある。活性アルミニウムテストの結果を図 1-5 に示す。文京台の範囲は 0～27 点であり，平均値と中央値はそれぞれ 13.3 点および，13 点であった。一方，元野幌の範囲は 0～1 点であり，平均値と中央値はそれぞれ 0.4 点および，0 点であった。よって，文京台は黒ボク土を含む様々な土壌があり，元野幌は黒ボク土ではないと考えられた。

以上から，離れた地点に立地する文京台と元野幌では作土の特徴は大きく異なる。すなわち，文京台は黒ボク土（火山灰土）を含む様々な土壌があることが示唆され，元野幌は有機物に富む黒色の非黒ボク土であると考えられた。

これ以降では，元野幌については考察から除外することとする。その理由として，元野幌の活性アルミニウムは極めて低く，その得点も 0 点と 1 点のみのため，これ以上の検討ができないためである。なお，聞き取った範囲では文京台の 14 圃場には客土などが行われていた。これらの圃場の活性アルミニウムテストの結果は 1～27 点であり，黒ボク土と非黒ボク土が客土されていると思われる（付表 1-1）。これらは本来の自然的な土壌とは異質と思われるため，これ以降の結果と考察からは除外するものとする。

2) 活性アルミニウムと強熱減量の関係から紐解く土壌有機物含量を高める要因

(1) 土壌有機物含量を著しく高める管理

土壌有機物（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 1-5 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，圃場の土壌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。土壌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 1-6 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 1-6 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，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 年間）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，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，表層土壌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壌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るが，草地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，表層土壌（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壌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 圃場は土壌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，土壌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）土壌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壌に還元されている。採草地の場

合、表層土壌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 1-7 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 1-7（A）ではどちらの深さも同じようにはらついており、土壌採取深による差はないようにみえる。図 1-7（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 1-8 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うが、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 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 54~61 m 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 圃場は強熱減量の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、位置にも特段の特徴はない。

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 58~60 m 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 40~49 m 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 1-8 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（集約的放牧や堆肥多施用）（図 1-6）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壌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壌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いない。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 1-1 に示す。目開きが小さくなると強熱減量が上昇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 2 mm では 10.7%、0.5 mm 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れる。

図 1-9 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ので、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 1-9）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，関連性が高く定量的な別の分析項目（例：リン酸吸収係数，有効態リン酸）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．結論

本学園の文京台と元野幌の圃場において，土壤有機物（腐植）含量を高める要因として考えられたのは自然・人為的な要因であった。自然的な要因は土壤生成であり，その中でも母材と地形である。人為的な要因としては，飼料生産圃場としての土地利用，土壤有機物分解を抑制する管理（長期の不耕起），および有機物を多く投入する管理である。これら要因の組み合わせで土壤有機物含量が高まるといえる。

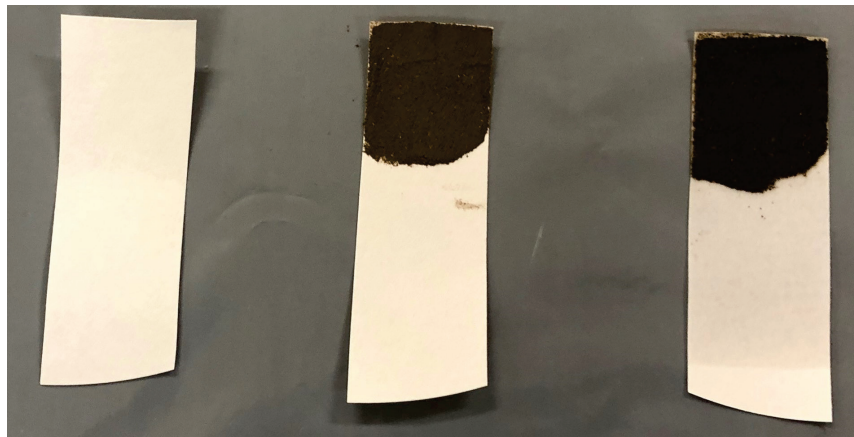


図1-1 強熱減量と全炭素含量の関係

これは一例を示す。左から、短冊状のろ紙（約2 cm × 約5 cm）（blank）、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。

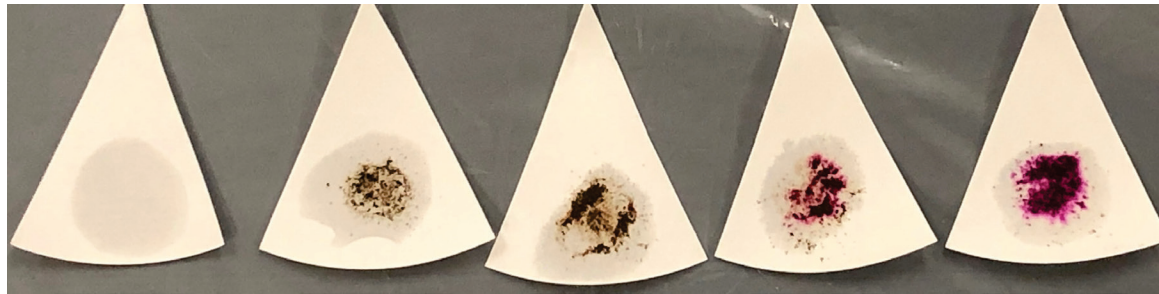


図1-2 風乾細土を用いた活性アルミニウムテスト評価の様子

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。

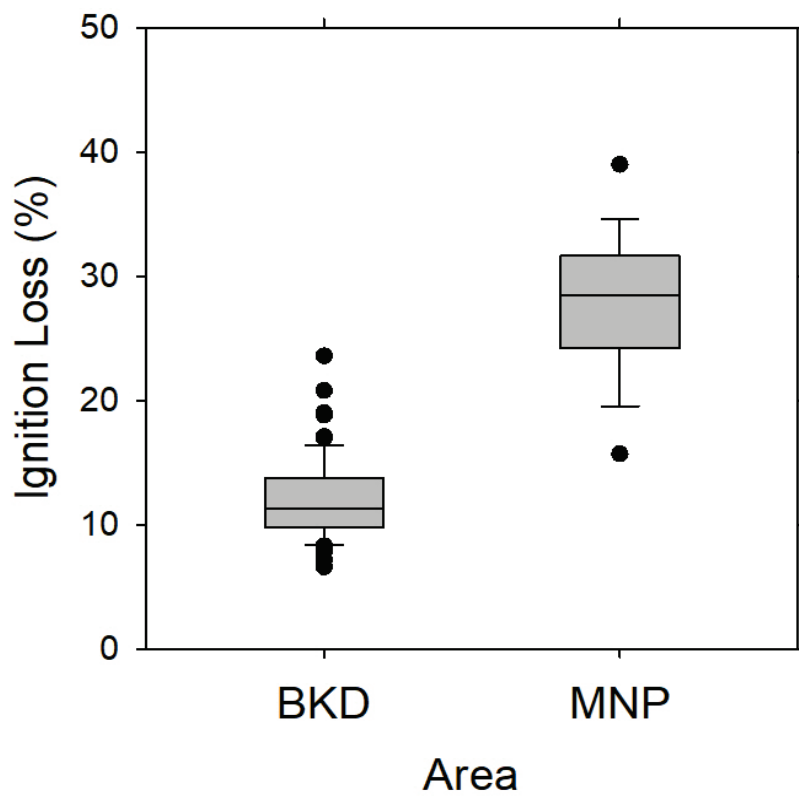


図1-3 強熱減量と全炭素含量の関係

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の点数は，それぞれ79および16である。

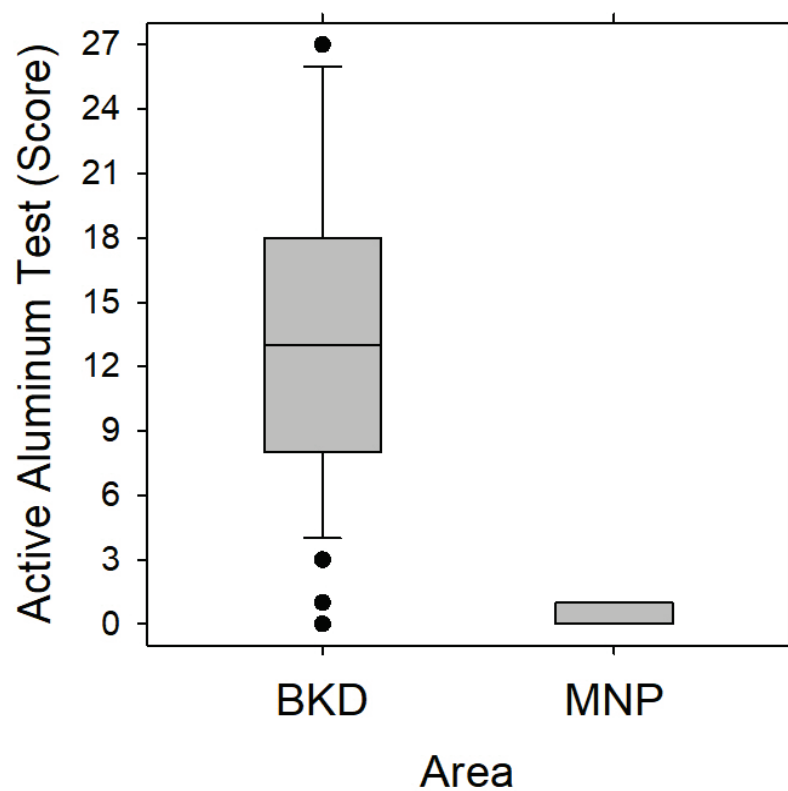


図1-5 活性アルミニウムテストの結果

横軸は文京台（BKD）と元野幌（MNP）の土地区分，縦軸は活性アルミニウムテスト（得点）である。文京台および元野幌の点数は，それぞれ79および16である。

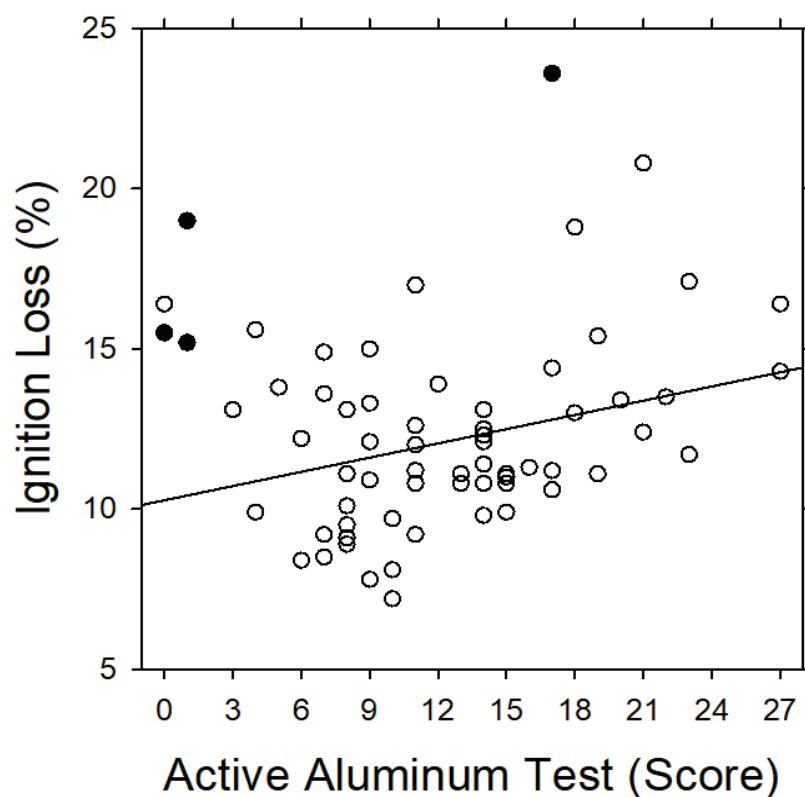


図1-6 活性アルミニウムテストと強熱減量の関係
(文京台全体)

文京台79圃場のうち客土などが無い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 ($n = 65, R^2 = 0.0128, P = 0.181$) が、4点の●を除いたところ、有意な正の相関が認められた ($n = 61, R^2 = 0.0865, P = 0.012, Y = 10.274 + 0.148X$)。

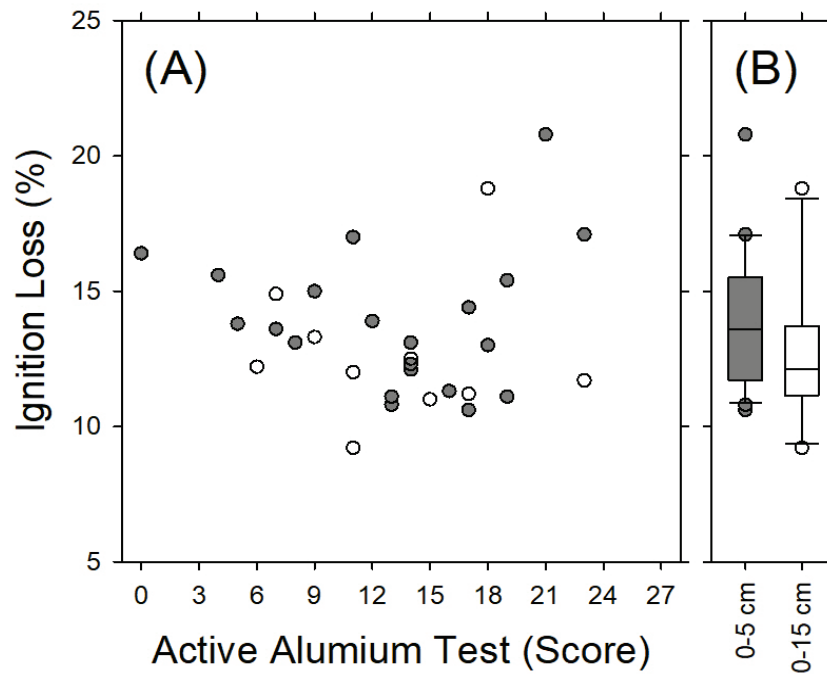


図1-7 活性アルミニウムテストと強熱減量の関係
(酪農生産ステーション内における採土深のちがい)

(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。濃灰色21点は作土0～5 cmで採取された21圃場の結果を示し、白色の10点は作土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： $t = 1.212, P = 0.235$)。

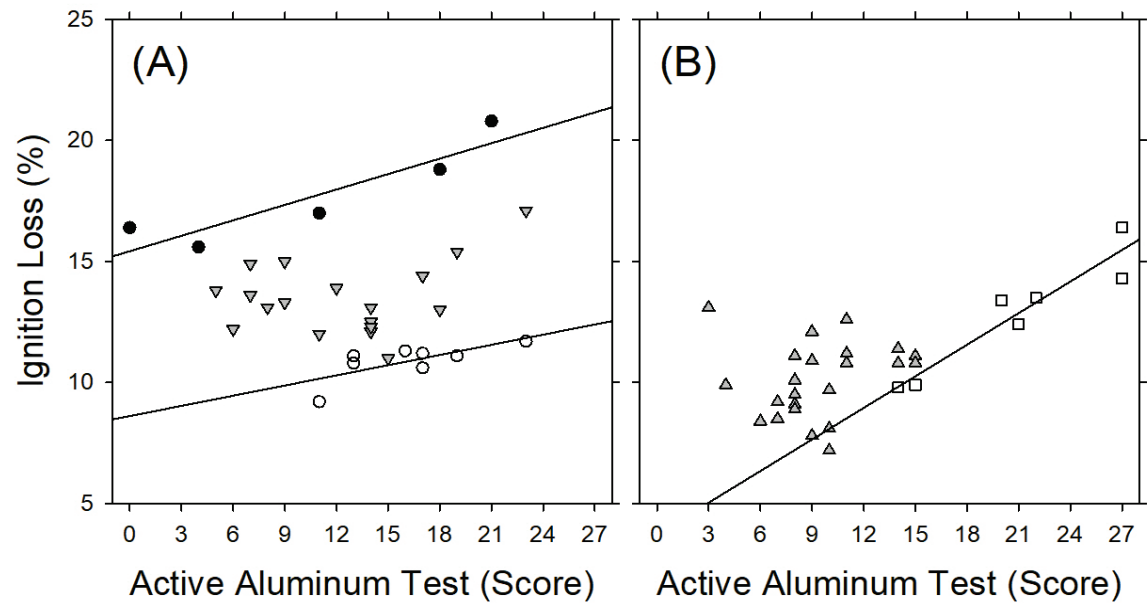


図1-8 活性アルミニウムテストと強熱減量の関係
(酪農生産ステーションと作物生産ステーション)

(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、(B) は作物生産ステーション30圃場の結果を示す。回帰直線が示されている圃場群 (本文中で説明) については、以下のような正の有意な相関が認められた。

● : $n = 5, R^2 = 0.768, P = 0.032, Y = 15.426 + 0.212X$

○ : $n = 8, R^2 = 0.430, P = 0.046, Y = 8.614 + 0.140X$

□ : $n = 7, R^2 = 0.873, P = 0.001, Y = 3.740 + 0.435X$

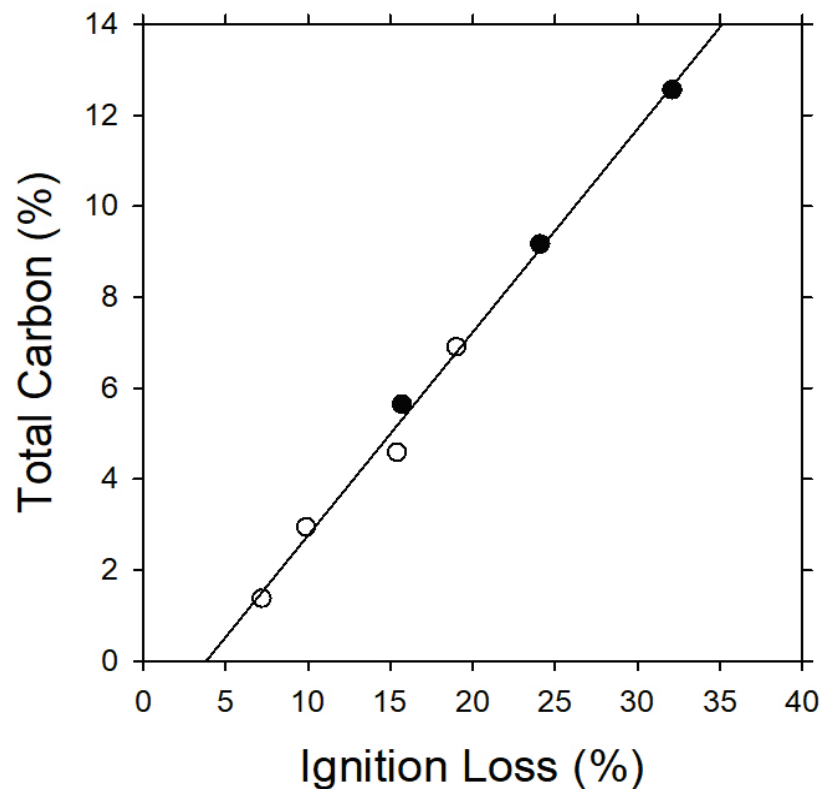


図1-9 強熱減量と全炭素含量の関係

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 ($n = 7$, $R^2 = 0.992$, $P < 0.001$, $Y = -1.703 + 0.447X$) 。

表1-1 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

第2章 酪農学園圃場の風乾細土の強熱減量（土壤有機物含量）の経年的変化

1. 背景と目的

昨今、地球温暖化緩和策のひとつとして注目されている「土壤炭素貯留」というものがある。これは間接的に大気中のCO₂を土壤へ入れることで大気中からCO₂を減らす取り組みである。具体的には、光合成により大気中のCO₂を吸収・固定した作物の残渣や堆肥などの有機質資材が土壤へ混和され、それらが微生物分解されにくい形（土壤有機物）になることで、炭素が貯留される（農林水産省，2012）。また、4‰（パーミル）イニシアチブという取り組みもあり、世界中の土壤炭素量を毎年4/1000ずつ増やすと大気中のCO₂の増加量を相殺することができるというものである（農業・食品産業技術総合研究機構，2020）。他にも、植物体を炭化させて土壤にすき込むバイオ炭（バイオ炭普及会，作成日不明）や炭鉱跡地へ直接CO₂を封入する事業（北海道三笠市）が行われようとしている（北海道建設新聞社，2021）。このように地球温暖化緩和策は様々な取り組みが行われようとしている。

ところで、本学圃場も圃場管理時に作物の残渣や堆肥などの有機質資材が利用されている。第1章で明らかになったように、文京台圃場においては、堆肥やバイオガспラント消化液が定期的に散布されている酪農生産圃場では作物生産圃場よりも土壤有機物含量が高い傾向であった。したがって、土壤炭素貯留が起きている可能性がある。そこで文京台圃場の作土中の強熱減量を経年的に測定し、その変化から土壤炭素貯留の有無あるいはその量や要因などを検討することを目的

とした。

2. 材料と方法

本実験は技師らによって採取された酪農学園の文京台 84 圃場（酪農ステーション 36 圃場，作物生産ステーション 48 圃場）の作土（風乾細土）を用いた。これらは 2014 年，2016 年，2018 年，および，2020 年に採取されたものである。2014 年，2016 年，および，2018 年の試料は目開き 0.5 mm のふるいに通されている。一方，2020 年の試料は目開き 2 mm のふるいに通されている。これらの風乾細土について第 1 章と同様の方法で強熱減量を測定した。なお，全ての圃場で計 4 年分の風乾細土があるとは限らず，特に作物生産ステーションの圃場については 2014 年の試料がなく，3 か年あるいは 1・2 か年の試料しかない圃場もある。

3. 結果

1) ふるい目の目開きのちがいによる強熱減量への影響

初めに，ふるい目の目開きのちがいによって強熱減量に差異があるかどうかについて検討する。そのため，2020 年試料（目開き 2 mm）で測定された強熱減量値の順にならべ，強熱減量の値が幅広い範囲になるように供試土壌を選択した（酪農生産ステーションから 5 点，作物生産ステーションから 5 点の計 10 点）。それらの風乾細土を適度に摩砕し，目開き 0.5 mm のふるいを通し，強熱減量を測定した。以上の操作によって得られた 0.5 mm のふるいを通したときの強熱減量値と

2 mm のふるいを通したときの強熱減量値を比較した（図 2-1, 付表 2-9）。目開きの異なるふるいがけによる強熱減量値は 1:1 の直線上にプロットされた。さらに対応のある t 検定の結果, 両者 (0.5 mm と 2 mm) による有意な差は認められなかった ($P = 0.937$)。以上から 2014 年, 2016 年, および, 2018 年試料の強熱減量値 (目開き 0.5 mm) と 2020 年試料の強熱減量値 (目開き 2 mm) は区別することなく扱えることが明らかとなった。これ以降は両者を区別しないで扱うこととする。

2) 強熱減量の経年的変化

ここでは, 酪農生産ステーションの 36 圃場について, 強熱減量に経年的変化が認められるかどうかを検討する。具体的には, 横軸を西暦年 (採取年) として, 縦軸を強熱減量とした散布図を作成し, 有意な直線回帰が認められるか否かを調べた (図 2-2~2-37)。有意な直線回帰が認められ, その直線の傾きが正 (プラス) である場合にはその圃場の土壌有機物が経年的に貯留/増加されていることを, 反対に, 傾きが負 (マイナス) である場合にはその圃場の土壌有機物が経年的に消耗/減少していると考えられる。一方, 有意な直線回帰が認められなかった場合, その圃場の土壌有機物に経年的な変化が検出されなかったことを示す。

有意な回帰の基準として P 値を 0.05 未満にするのが通例だが, これは絶対的なものでなく変動の大きいフィールド研究では P 値を 0.1 未満とする研究もある (Song Liang et al. 2019; 2020)。本研究で扱う土壌有機物含量も空間変動が大きい (図 1-6) ことを鑑みて P 値を 0.1 未満で有意とした。その結果, 圃場 No. 16, 18, 25, 30, および 37 の 5 圃場において強熱減量の経年的変化が認められた (図 2-14, 2-16, 2-

22, 2-27 および 2-34)。このうち、図 2-16 (No. 18) のみ回帰式の傾きが負 ($-0.165\%/年$) であり (土壤有機物が経年的に消耗/減少), 残りの 4 圃場では傾きが正 ($+0.305\sim+0.525\%/年$) であった (土壤有機物が経年的に貯留/増加)。また, 上記を除く 31 圃場では有意な直線回帰は認められなかった。すなわち, 土壤有機物の経年的変化が認められなかった (図 2-38)。

4. 考察

1) 炭素貯留量の試算・比較

ここでは, 強熱減量の有意な経年変化が認められた 5 圃場について炭素貯留量の試算を行う。まず, 強熱減量の経年変化率は減少していた圃場では「 $-0.165\%/年$ 」, 増加していた圃場では「 $+0.305\sim+0.525\%/年$ 」であった。これに第 1 章で得られた「全炭素含量 (%) / 強熱減量 (%) = 0.447」(図 1-9 の回帰式の傾き) を掛けることで, 土壤全炭素の経年変化率を得ることができる (表 2-1)。強熱減量の増加圃場では「 $+0.136\sim+0.235$ 全炭素 %/年」の範囲と計算され, これは, $+1.36\sim+2.35\%$ に相当する。この値は 4% には及んでいないものの, 地球温暖化緩和へ一定程度の意義があると考えられる。

次に炭素貯留 (増加) / 消耗 (減少) 量について試算する。10 a (作土 15 cm) に存在する乾土量 (kg/10 a) を容積重 (仮比重) によって計算し, 上記で求めた全炭素の経年変化率を掛けることで, 炭素貯留 (増加) / 消耗 (減少) 量 (kgC/年/10 a) を計算した (表 2-1)。なお, 作土 15 cm とした理由は圃場で採取された作土の採取深が 0~15 cm だったためである。

その結果，炭素貯留（増加）が認められた 4 圃場は +225～352 kg C/年/10 a と試算された。一方，炭素消耗（減少）が認められた 1 圃場では -122 kg C/年/10 a と試算された。これらの値について，農林水産省（2012）に示されている値と比較する。これは食料・農業・農村政策審議会第 13 回で用いられた資料であり，その値を抜粋して表 2-2 に示す。この資料によると，土壌種によって炭素貯留量が異なっており，その中では灰色低地土が最も高く貯留されており，その値は，170 kg C/年/10 a である。本学の増加が認められた 4 圃場の試算値はその 1.3～2.1 倍に相当する。本学における消化液の施用量は 2～6 t/10 a，堆肥は 2～4 t/10 a 程度であり，この堆肥等の有機質資材量は農林水産省（2012）の資料の 1.5 t/10 a よりも多い。（※）さらに本学圃は畑地だけではなく草地も含まれていることや，地域や作土深さなどといった条件も必ずしも同じでないことを考慮すれば，農林水産省（2012）と本学の炭素貯留量の値は，オーダーが同じであり大差ないものと思われた。よって，本学の炭素貯留量は国内の事例の範囲内であると考えられた。

No. 18 圃場のみ 122 kg C/年/10 a の炭素消耗（減少）が認められた。この絶対値は資料にある黄色土と灰色低地土の圃場の炭素貯留量の絶対値と同程度であった。これは本学のような同地区内でも炭素貯留と同程度の炭素消耗が起こりうることを示しており，大変興味深い。このようなことは，広域評価する際には極めて重要であり，貯留と消耗を決める要因や因子をその地域内で整理する必要性があることを示唆している。

※ 2022 年 1 月 7 日に本学循環農学類の三枝俊哉教授に取材した内

容に基づく。すなわち，2017～2021年のデータによれば，バイオガスプラント消化液は維持管理採草地および飼料畑に年間 2～6t/10 a で施用されている。2020年のデータによれば，堆肥は（耕起される）飼料畑と草地更新時（飼料畑から採草地，あるいは採草地から採草地）に年間 2～4t/10 a で施用されている，とのことであった。

2) 空間分布との対応関係

(1) 強熱減量が極めて高い圃場

第1章では活性アルミニウムとの関係性において，強熱減量が極めて高かった4圃場があった。このうち3圃場が酪農生産ステーション内に存在し，それはNo. 22，No. 33，およびNo. 38圃場であった。

最初にNo. 33圃場とNo. 38圃場について検討する（図 2-30，図 2-35）。第1章では本圃場は1985年と1993年から草地更新が行われていないことによって強熱減量が高まっていると考えられた。そのため，2014年からの6年間においても強熱減量に有意な上昇が認められるのではないかと思われたが，そのようなことは検出されなかった。No. 33圃場の強熱減量は2014年13.6%，2016年13.8%，2018年14.3%と右肩上がりであったが，2020年は10.6%と大幅に減少した。この理由は明らかではないが，これによって6年間に有意な経年的変化が認められなかったと思われる。No. 38圃場の強熱減量は2014年13.8%，2016年13.9%と同程度で，2020年12.7%でやや低く，2018年は16.3%と突出して高かった。その理由は定かではないが，これによって6年間に有意な経年的変動は認められなかった可能性がある。このように両圃場において経年的変動が検出されなかった理由として，不耕起（草地の未更新）が原因かもしれない。「耕起」というのは主に農業機械の

プラウやロータリーハローなどで碎土・破碎することで表層と下層の土および、水平方向にもある程度混和される（均一化）。これが行われていないということは、作土に特性の不均一性が生じる、つまり、強熱減量の「むら」（大きな空間変動）を産み出し、有意な経年的変動が検出できなかった可能性が考えられた。これはあくまで作業仮説であるため今後、実際に圃場の作土で「むら」が生じているか確かめてみる必要があるだろう。

最後に炭素貯留が認められた 4 圃場について考察する。No. 22 圃場について検討する。第 1 章で示したように本圃場の強熱減量（2019 年では 23.6%）は文京台の全圃場の中で最も高い圃場であった。これは本圃場において 2003 年より継続的に放牧地（飼養密度の極めて高い重放牧）として利用されていたため、ふんなどによって強熱減量が高まっていると考察した。そのため、2014 年からの 6 年間においても強熱減量に有意な上昇が認められるのではないかと思われたが、そのようなことは検出されなかった（図 2-19）。この理由として、強熱減量の年次変動が大きかったことが考えられる。すなわち、2018 年の 22.9% が突出して高く、次いで、2020 年の 18.9%、2016 年の 17.5% であった。

（なお、この最大値と最小値の差は 5.4 ポイントであり、文京台全圃場における 2014、2016、2018、および 2020 年のデータセットの中で最も大きい。）この理由として本圃場は放牧地であり、耕起が行われていないことが考えられる。つまり、前段落で考察した不耕起による影響に加え、ふんの多いところー土壤有機物含量の高いホットスポットーが生じ、そこで土壤がサンプリングされたためかもしれない。仮にこれが正しいとすると、このような圃場の経年的な土壤特性を評価する際は採取法などに留意する必要があるだろう。例えば、本研究で供

試した風乾細土は1圃場につき、1つのポリビン（200 mL）に収納されており、これらは圃場の四隅と中央部で採取するいわゆる5点法で採取され、それらが混合されたものと考えられる。本法ではホットスポットの影響が大きくなるため対策が必要である。理想形としては、採取地点を増やし（例えば、圃場で20点採取、あるいは、圃場内を格子状にしてその交点で採取するなど）、それらをよく混合した後（粗試料）、そこから一部を乾燥、ふるい掛けをして（試料）、ポリビンへ収納する方法で圃場内の平均的な強熱減量を得ることが可能だと思われた。

以上を小括すると、第1章において重放牧や草地更新しないことにより強熱減量が極めて高くなっていると考察した3圃場については、年次変動が大きいいため、6年間に有意な経年的変動（増加）が認められなかった。この年次変動が大きかった一因として上記3圃場に共通する不耕起管理が関係しているかもしれない。

（2）低位段丘面の結果から

第1章では自然的要因（土壌生成）により、低位段丘面のうち標高が低く国道12号沿いの圃場群（これらは天野・水野（2012）が示した黒ボク土の領域内に位置）で強熱減量が高いことを述べたが、第2章でもこれが確認できた。すなわち、国道12号沿いのNo. 27圃場では2014、2016、2018、および2020年の強熱減量の平均値は19.9%と高い値であった（図2-24）。これに対してNo. 27圃場から中通り（動物病院方面）に向かって少々標高が高くなるNo. 26、およびNo. 25圃場の強熱減量の平均値はそれぞれ、14.7%および14.0%と低い値であった（図2-23、図2-22）。これら3圃場は2018年から飼料用トウモロコシ

畑， および 2018 年に泥炭客土されたという管理が同じ圃場であった。それにも関わらず，炭素貯留（増加）が No. 25 圃場のみで認められたことは大変興味深い。その理由は強熱減量（土壌有機物量）の低さが影響しているかもしれない。つまり，圃場管理が同じであれば土壌有機物含量が少ない圃場の方が土壌炭素貯留（増加）が起こりやすいことが考えられる。事実，2014 年の強熱減量は No. 25，26，27 圃場で，それぞれ，13.0，13.9，19.5%であり，炭素貯留（増加）が認められた No. 25 圃場の強熱減量が最も低い値であった。このような視点で，炭素貯留（増加）が認められた 4 圃場について考察する。

4 圃場 No. 16，25，30，および，No. 37 であったが，2014 年時の強熱減量はそれぞれ，8.4，13.0，12.3，および 9.8%であった。同年の酪農生産ステーション 34 圃場の強熱減量を順位づける（降順）とそれらは，32，13，16，および 25 位に相当する（表 2-3）。言い換えると，強熱減量が高い上位 3 分の 1 の上ではなく，強熱減量が高くない中位あるいは下位の圃場である No. 25・No. 30 圃場ではそれぞれ 0.305・0.400%/年であるのに対して，下位の圃場である No. 16・No. 37 圃場では，それぞれ 0.470・0.525%/年と高い変化率である。このことは「同一管理圃場であれば土壌有機物含量が少ないほど炭素貯留（増加）が起こりやすい」ことを支持していると思われる。

さらに，図 2-39 には強熱減量（2014 年）と強熱減量の年次変化量（回帰式の傾き）の関係を示す。活性アルミニウムの高い群と低い群で区分したものの両者に違いは見られず，強熱減量が小さいほど変化量が増える傾向があった。つまり，圃場群全体として見たときにも「土壌有機物含量が少ないほど炭素貯留（増加）が起こりやすい」ことを支持していると思われる。

3) 圃場履歴が強熱減量の増減に与える影響

ここでは、圃場履歴が強熱減量の増減へ影響しているか否かを検討する。圃場の土壌有機物含量は様々な要因の複合的作用の結果として経年的に変動すると考えられるが、以下のように単純化して検討する。すなわち、飼料用トウモロコシが栽培された年度は「C」(Cornの頭文字)とし、そうでない年度は採草地とみなせるため「G」(Grasslandの頭文字)と示すこととした。この英文字3文字で示される連続した3年間の圃場履歴はCCC, CCG, CGG, GGG, GGC, GCC, CGC, およびGCGの8パターンがあるが、後者2パターン(CGCとGCG)は飼料畑と採草地が交差するため検討から除外する。よって、検討する圃場履歴は6グループ(6水準)ということになる。例えば、No.3圃場であれば2014年～2016年はGGC, 2016年～2018年はCCC, 2018年～2020年はCGGといった圃場履歴になる。あるいは、CCCを「飼料畑の維持」と考え「C→C」とし、CCGとCGGをまとめて「飼料畑から採草地へ転換」と考え「C→G」とし、GGGを「採草地の維持」と考え「G→G」とし、GGCとGCCをまとめて「採草地から飼料畑へ転換」と考え「G→C」とすれば、検討する圃場履歴は4グループ(4水準)となる。例えば、No.3圃場であれば2014年～2016年はG→C, 2016年～2018年はC→C, 2018年～2020年はC→Gということになる。これらの各圃場履歴に対応する強熱減量の変化を計算して圃場履歴と対応させた。例えば、No.3圃場では「2016年強熱減量% - 2014年の強熱減量% = 11.4% - 14.7% = -3.3%」を圃場履歴GGCあるいはG→Cに対応させた。

これらのデータセット(付表2-13)を用いて、図2-40には6水準の

圃場履歴と強熱減量の変化の関係を、図 2-41 には 4 水準の圃場履歴と強熱減量の変化の関係を示す。まず、6 水準（図 2-40）を見ると、各水準の件数は同じでなく（ $n = 5 \sim 57$ ）、強熱減量の変化は各水準内でばらつきは大きいですが、GCC と GGC の平均値はそれぞれ -0.95% と -1.03% であり、これは他の 4 水準のそれら（ $+0.16 \sim +0.38\%$ ）と比較して低いようにみえる。これら 2 つの水準はいずれも採草地から飼料畑に転換されたものであり、この転換によって強熱減量が減少しているようにみえる。次いで 4 水準（図 2-41）を見ると、「G→C」の平均値が -0.99% であり、他の 3 水準のそれら（ $+0.16 \sim +0.30\%$ ）と比較して低いようにみえる。これは上述したことと同じく、採草地から飼料畑へ転換によって強熱減量が減少しているようにみえる。

図 2-40 および図 2-41 には一元配置分散分析の結果として P 値もあわせて記した。データセットに正規性が認められなかったため、クラスカル=ウォリスの順位に基づく分散分析の結果も示した。6 水準とした場合も 4 水準とした場合でも有意ではないと判定された（ $P > 0.05$ ）。すなわち水準間の平均値に有意な差は認められないといえる。しかし、4 水準の場合 $P = 0.058$ であり、プロットの分布もあわせて考えると、これは採草地から飼料用トウモロコシ畑に転換することで、「その直後（1 年後あるいは 2 年後）の」強熱減量が低くなる可能性があることを示しているとも考えられる。これは、採草地を耕起することで土壌が多くの酸素と触れるなどして土壌有機物の分解が促進されたためであろう。加えて、採草地の高密度の根によって土壌有機物含量が高まった表土と相対的に土壌有機物含量が少ない下層土が混和されることによっても強熱減量が減少するのであろう。つまり、耕起は土壌有機物含量を減少させるという大きな影響があることが確認さ

れたといえよう。

一方、図のプロットのばらつきが大きく平均値が 0 付近にあることから「採草地を 2 年間維持すること (G→G)」「飼料畑を 2 年間維持すること (C→C)」「飼料畑から採草地へ転換した直後 (C→G)」では、「文京台全体としては」かつ「短期的には」強熱減量に有意な変化が検出されないことも示唆している。これは長期的に強熱減量のデータを取得する必要性があることを意味しているかもしれない。なお、第 1 章では採草地の未更新（不耕起）は 26 年～34 年という長期間にわたるものであるが、ここではわずか 2 年間の変化をみているため、それらを安易に比較するものではないからである。

ところで、上記の解析では圃場を採草地あるいは飼料畑の 2 区分のみとする極めて単純化したデータによるものであった。実際の圃場では、例えば採草地においてはマメ科・イネ科およびこれらの混播といった区別があり、堆肥の施用（回数・量）などといった因子もある。これらを加味したより適切な方法を適用すると、管理や因子の複合的・経年的効果が強熱減量（土壌有機物含量）の変化に与える影響をより深く考察でき、圃場管理などに生かせるかもしれない。

4) 土壌炭素貯留（増加）と炭素消耗（減少）が数圃場で認められた理由

ここまで、「1) 炭素貯留の試算・比較」では貯留と消耗を決める要因や因子を整理する必要があることを考察した。これに寄与するかもしれないため、「2) 空間分布との対応関係 (1), (2)」では強熱減量の大きな年次変動の中に長年の不耕起や重放牧による空間変動が影響しているかもしれないこと、土壌有機物含量が少ないほど炭素貯留

が起こりやすい可能性があることを考察した。さらに「3) 圃場履歴が強熱減量への増減に与える影響」では採草地から飼料畑への転換はその直後に強熱減量を低下させる可能性があることを考察した。これらのことを踏まえ、本項では文京台36圃場のうち、4圃場で炭素貯留、1圃場で炭素消耗が認められた理由について考察する。(なお、以下の段落の内容の一部は、2022年1月7日に本学循環農学類三枝俊哉教授に取材・議論させていただいたことを反映している。)

最初に炭素貯留が認められた4圃場について考察する。No.16圃場はやや窪地で隣接するNo.15・17圃場から水が集まるとのことであり、この作用によって有機物が蓄積する可能性があると思われた。一方、他の3圃場(No.25・30・37)については窪地に位置していない。また、日当りの観点で考えると、No.30圃場については林冠でやや鬱蒼としている状況であるため太陽光による地温の上昇が抑制され土壌有機物の分解が緩慢と思われるのに対し、他の3圃場(No.16・25・37)は日当たりが良好であると思われた。以上のことから微地形・日当たりによって炭素貯留が起きた理由として説明が付かないと思われた(図2-42)。次に採草地利用の期間の観点で考えると、No.30圃場およびNo.37圃場は、2010年から9年間および2014年から7年間にわたり、採草地利用であった(付表2-12)。つまり、第1章で考察したように採草地利用が連続的に長期にわたると土壌に炭素が貯留すると思われた。しかしながらそのため、採草地が連続していた圃場(No.13【9年間】、No.14【9年間】、No.17【7年間】、No.18【7年間】、No.19【7年間】、No.20【7年間】、No.23【7年間】、No.26【8年間】、No.27【8年間】、No.29【7年間】、No.31【7年間】、No.32【7年間】、No.33、【11年間】No.35、【11年間】No.36【7年間】、No.38【11年間】、

No. 39【9年間】、No. 40【9年間】)では土壌の強熱減量は経年的に増加していなかった(図 2-11, 2-12, 2-15~2-18, 2-20, 2-23, 2-24, 2-26, 2-28~2-30, 2-32, 2-33, 2-35, 2-36, および 2-37)。よって、この程度の年数では採草地の連続では炭素貯留が必ずしも起こるわけではないといえる。また、No. 25については2016年から2018年にかけて採草地から飼料用トウモロコシ畑に転換していたにもかかわらず、一貫した上昇が認められた。したがって、土壌炭素貯留の理由を推察することはできなかった。

最後に、消耗したNo. 18圃場であるが、その明確な理由は見出せなかった。また、2016年から2018年に採草地から飼料用トウモロコシ畑に転換されたため、ここで強熱減量が大きく減少すると思われたが、実際はそのようにならなかった。

なお、本研究では有意な回帰の基準として*P*値を0.1とした。すなわち、圃場ごとに確率0.1(10%)で本当は有意ではなかったものを誤って有意と判定している可能性がある。つまり、有意と判定された5圃場のうち、1圃場以上で誤って有意と判定した確率は0.41(= $1 - {}_5C_0 \times 0.9^5 \times 0.1^0$) (41%)程度である(5圃場すべてで正しく判定した確率は0.59(59%))。このことにより、明確な説明が困難な圃場が存在する可能性があることを付記しておくこととする。

以上を小括すると、強熱減量の有意な経年的変化、すなわち、炭素貯留あるいは消耗がその圃場で生じていたことの原因を明確に説明することは困難であった。また、考慮できていない要因があると考えられた。

5. 結論

土壌の強熱減量の有意な経年的増加（減少）、すなわち、土壌炭素貯留（消耗）は一部の圃場のみで認められた。しかし、その場所（圃場）で認められた理由を明確に説明することは困難であった。ただし、酪農生産ステーションの圃場全体として、土壌有機物含量が少ないほど炭素貯留が起こりやすい可能性、および採草地から飼料畑への転換はその直後に強熱減量を低下させる可能性があると考えられた。炭素貯留を評価する際は、本研究のように数年間という短期間ではなく長期間にわたり、適切な方法で採取された土壌を分析し、圃場管理やその他の因子を含めて慎重に検討しなければならないと考えられた。

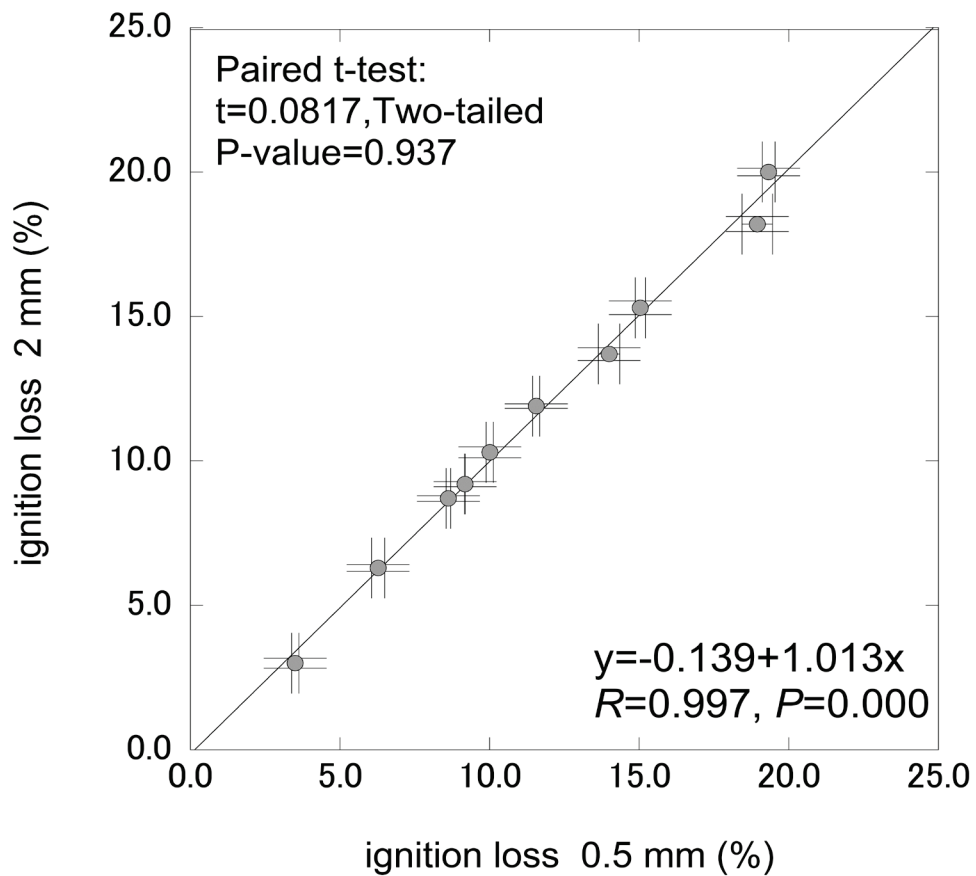


図2-1 風乾細土作成時の異なるふるい目開きによる強熱減量
横軸は0.5 mmの目開きによる強熱減量 (%) を示し，縦軸は2 mmの目開きによる強熱減量 (%) を示す。また，プロットおよび誤差棒は，それぞれ分析反復の平均値および標準偏差を示す。有意な正の相関が認められた。ふるい目の目開きによる強熱減量のちがいは認められなかった。

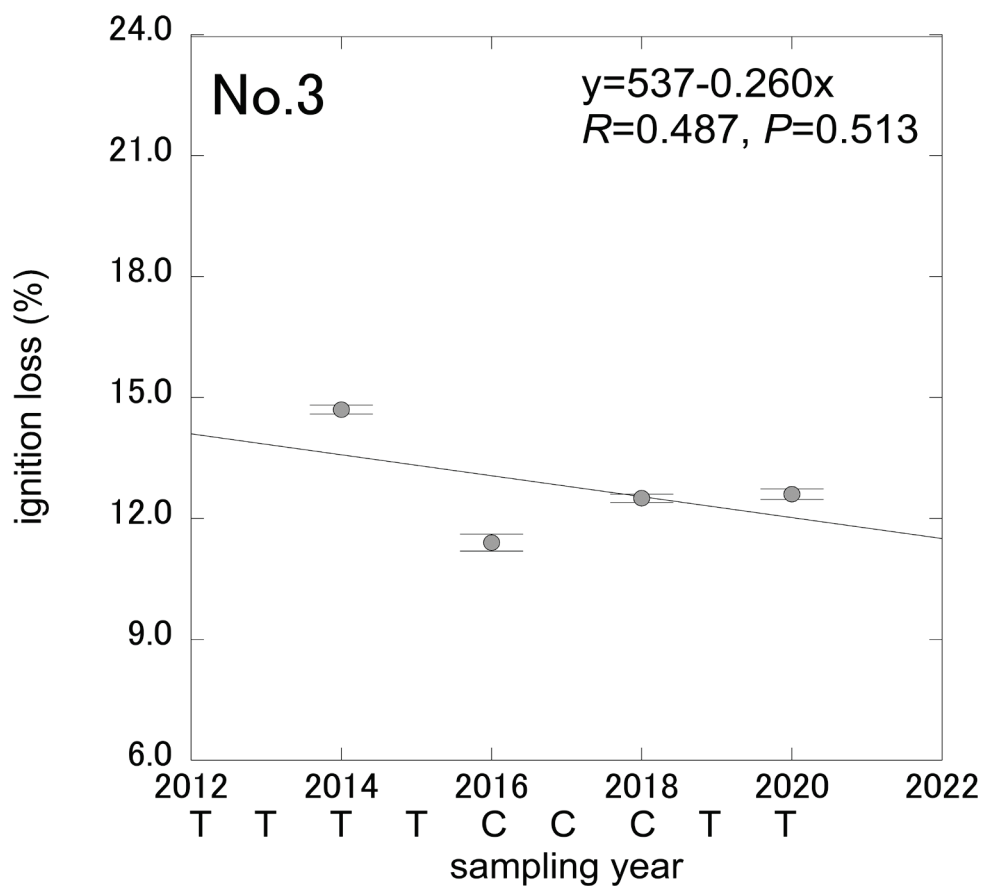


図2-2 No. 3圃場における強熱減量の経年的変化

横軸は土壌の採取年を示し、縦軸は強熱減量（%）を示す。プロットおよび誤差棒は、それぞれ分析反復の平均値および標準偏差を示す。採取年の下部に示した英文字は圃場履歴である。

「A」はアルファルファ、「C」は飼料用トウモロコシ、「O」はオーチャードグラス、「P」はペレニアルライグラス、「T」はチモシー、「/（スラッシュ）」はこれらの混播であることを示す。

（本図にはこれらの記号がすべて含まれているわけではないが、それらは次の図以降で使用される。）

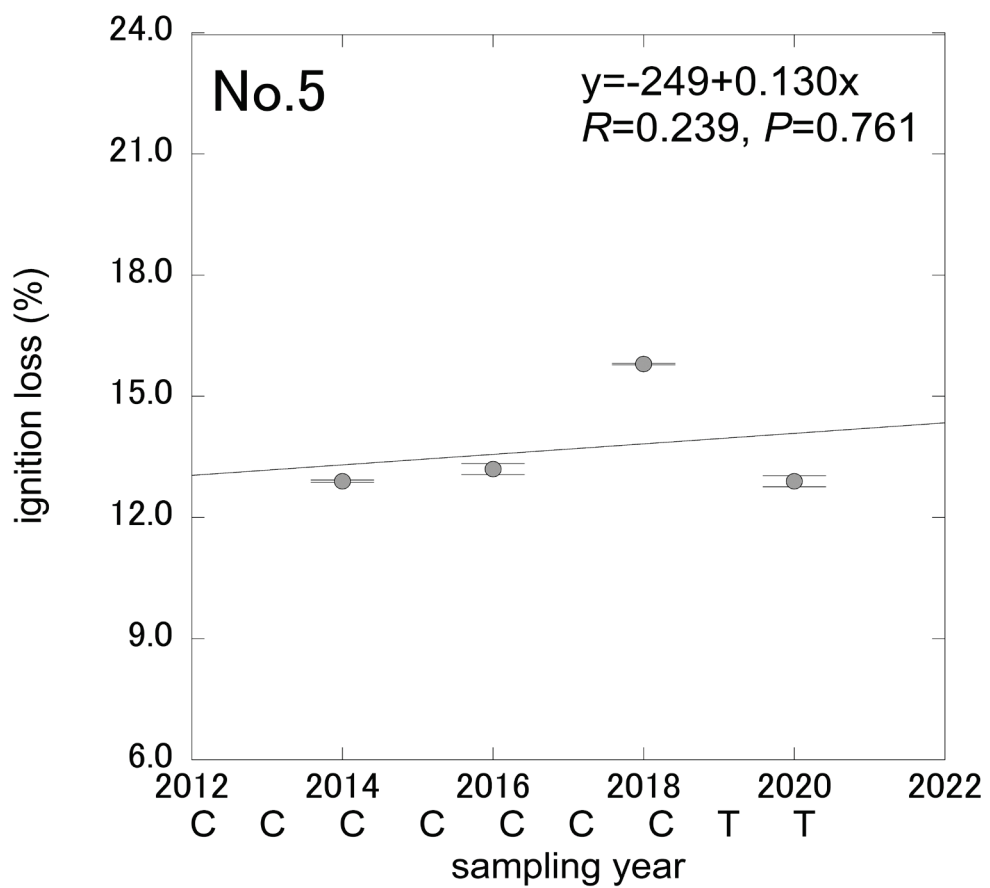


図2-3 No.5圃場における強熱減量の経年的変化
 書式などについては図2-2を参照

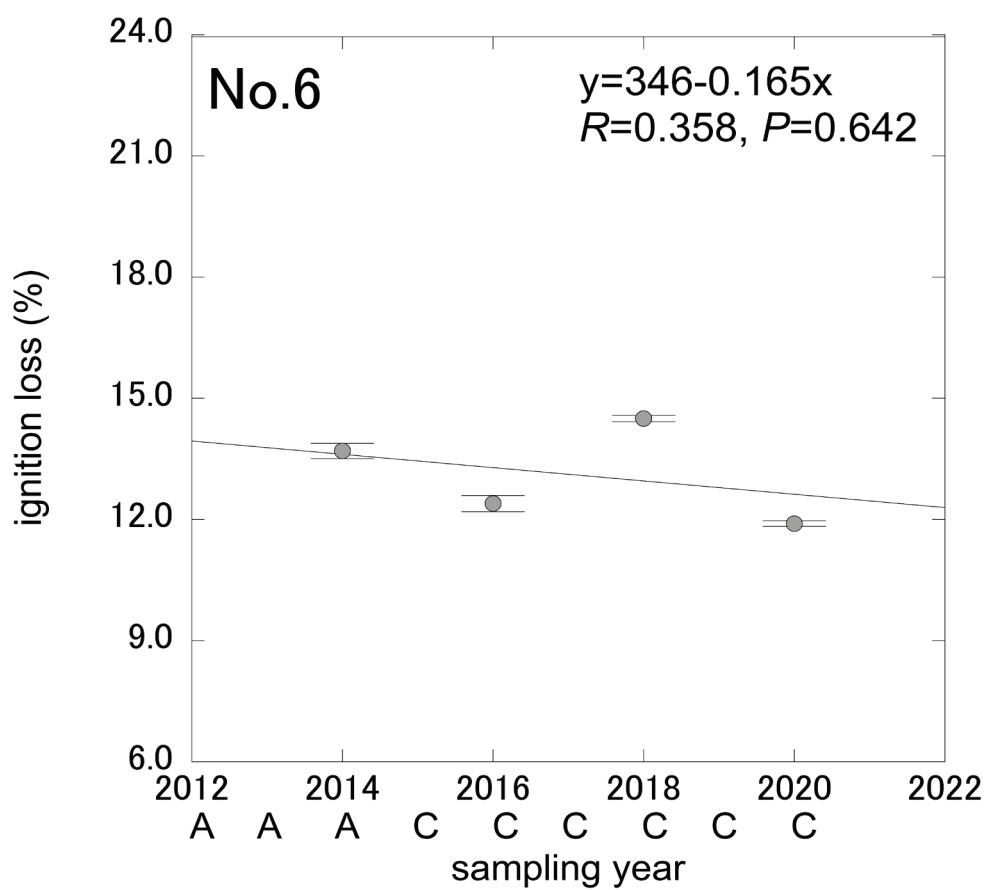


図2-4 No. 6圃場における強熱減量の経年的変化
 書式などについては図2-2を参照

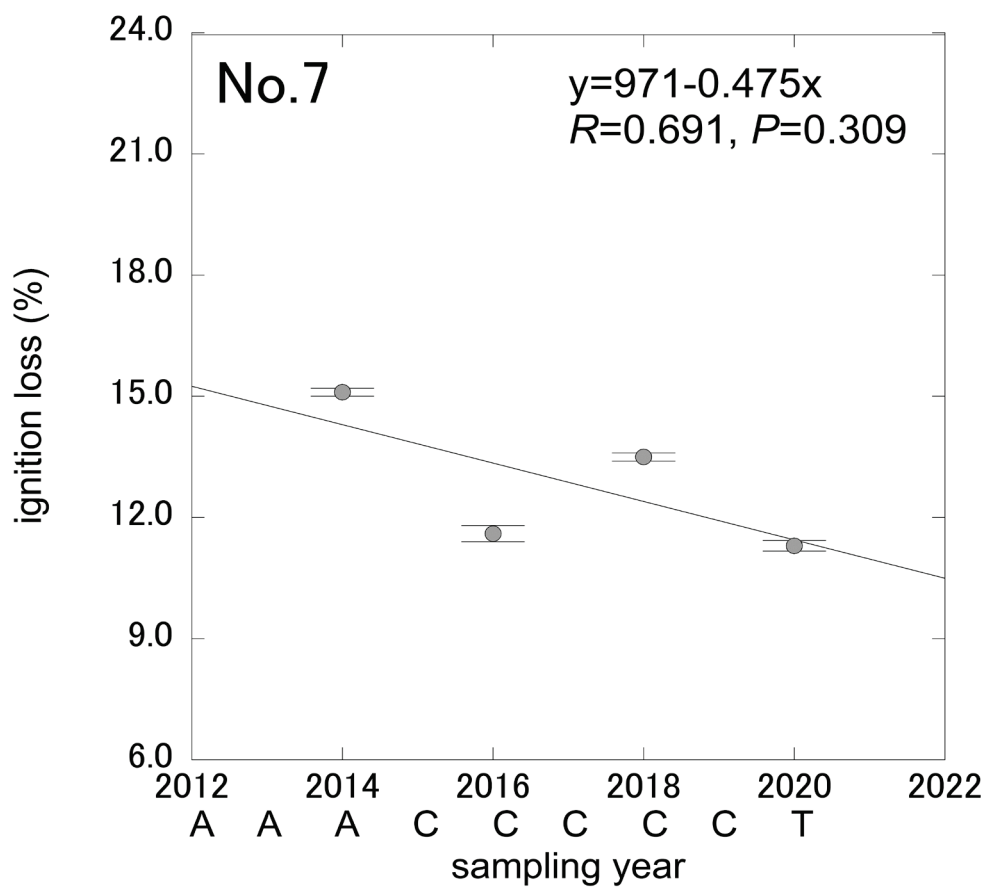


図2-5 No. 7圃場における強熱減量の経年的変化
 書式などについては図2-2を参照

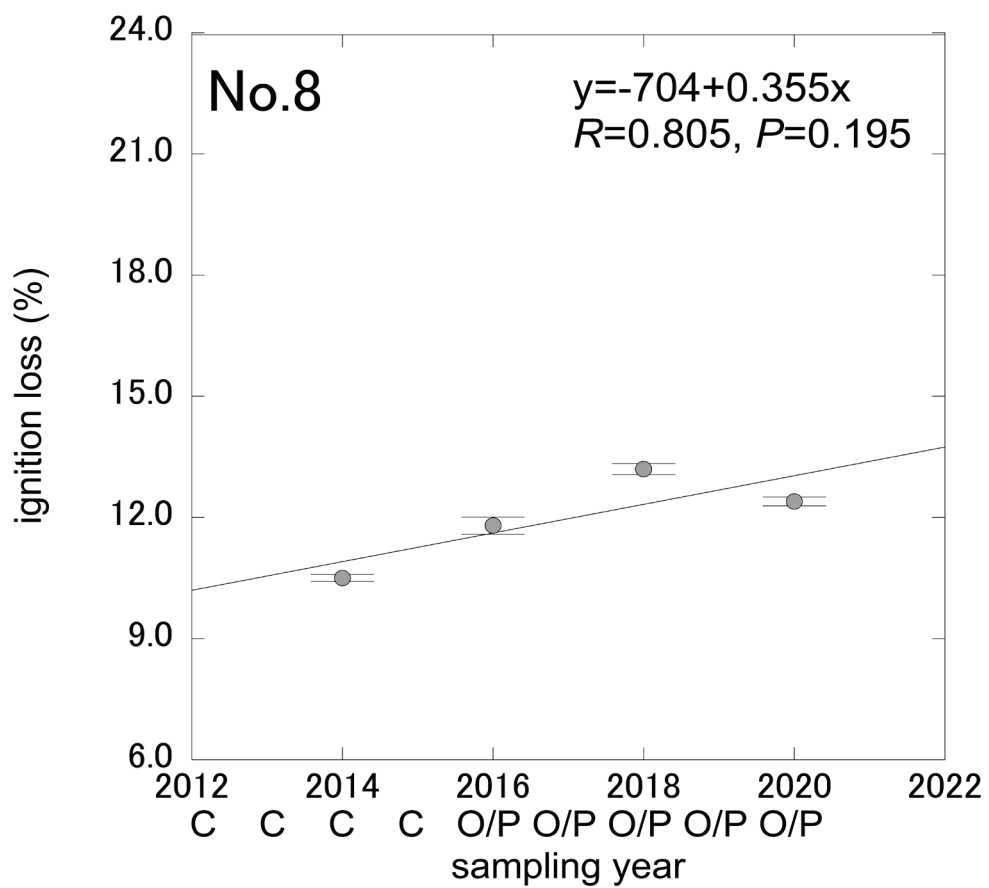


図2-6 No. 8圃場における強熱減量の経年的変化
 書式などについては図2-2を参照

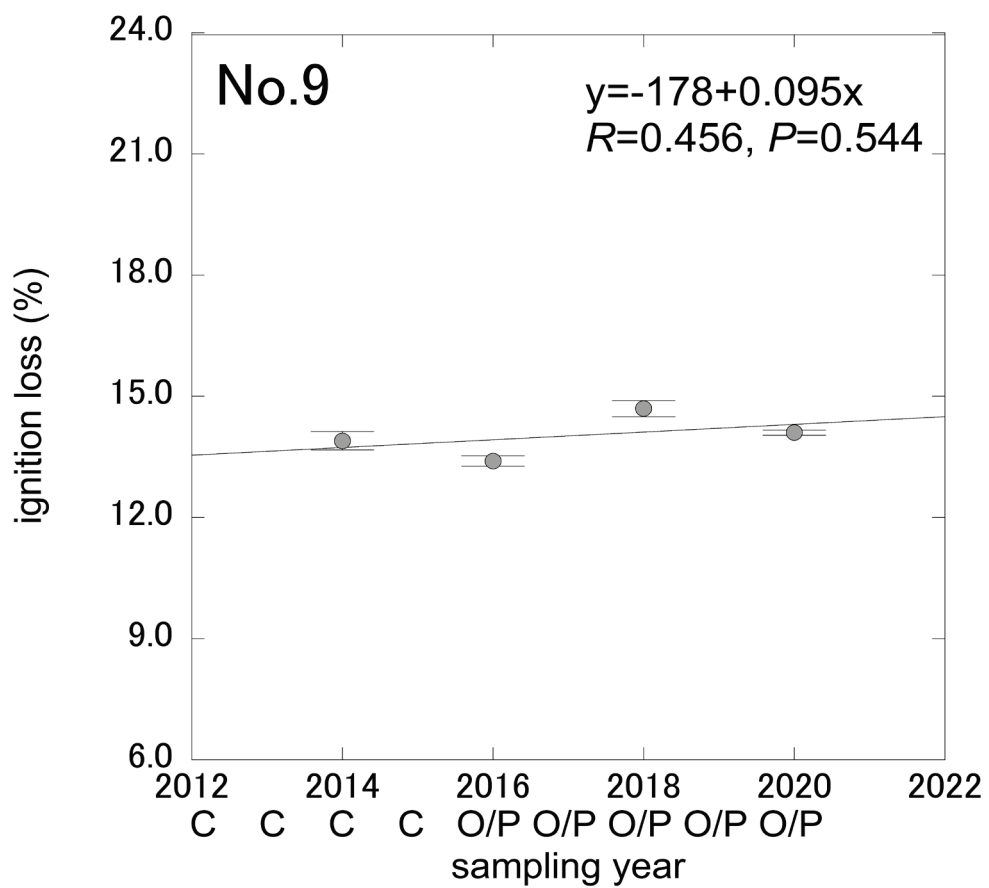


図2-7 No. 9圃場における強熱減量の経年的変化
 書式などについては図2-2を参照

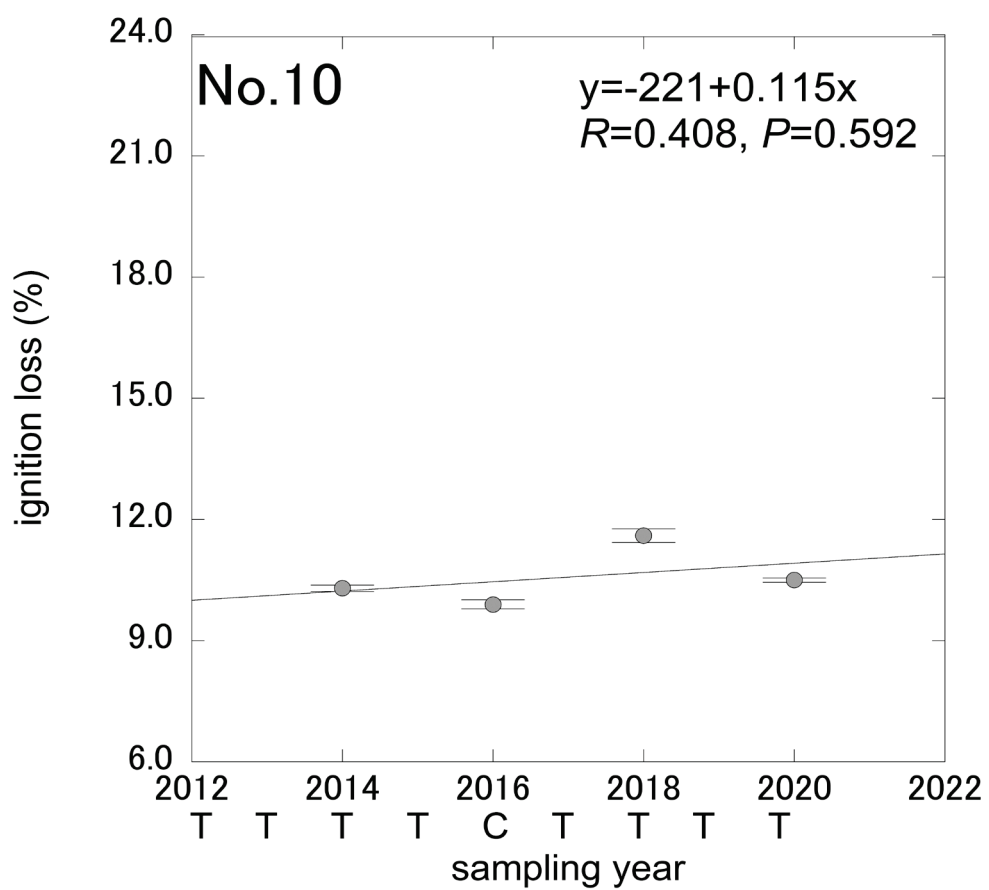


図2-8 No. 10圃場における強熱減量の経年的変化
 書式などについては図2-2を参照

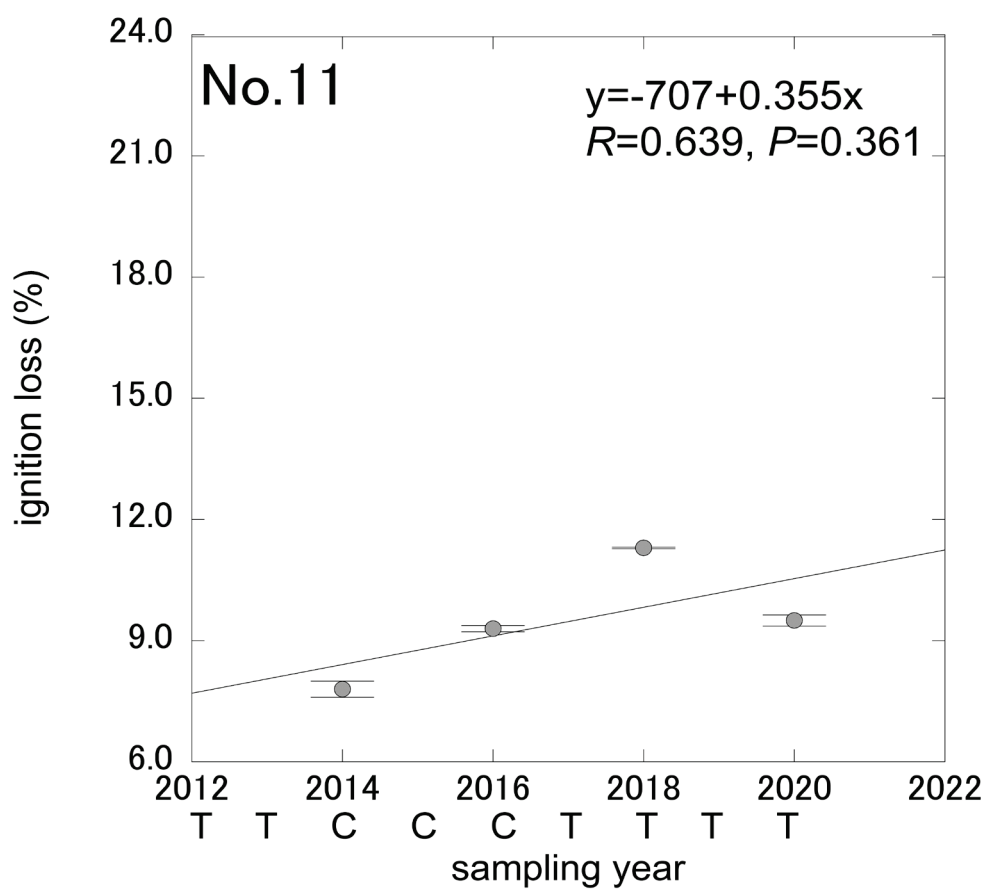


図2-9 No. 11圃場における強熱減量の経年的変化
 書式などについては図2-2を参照

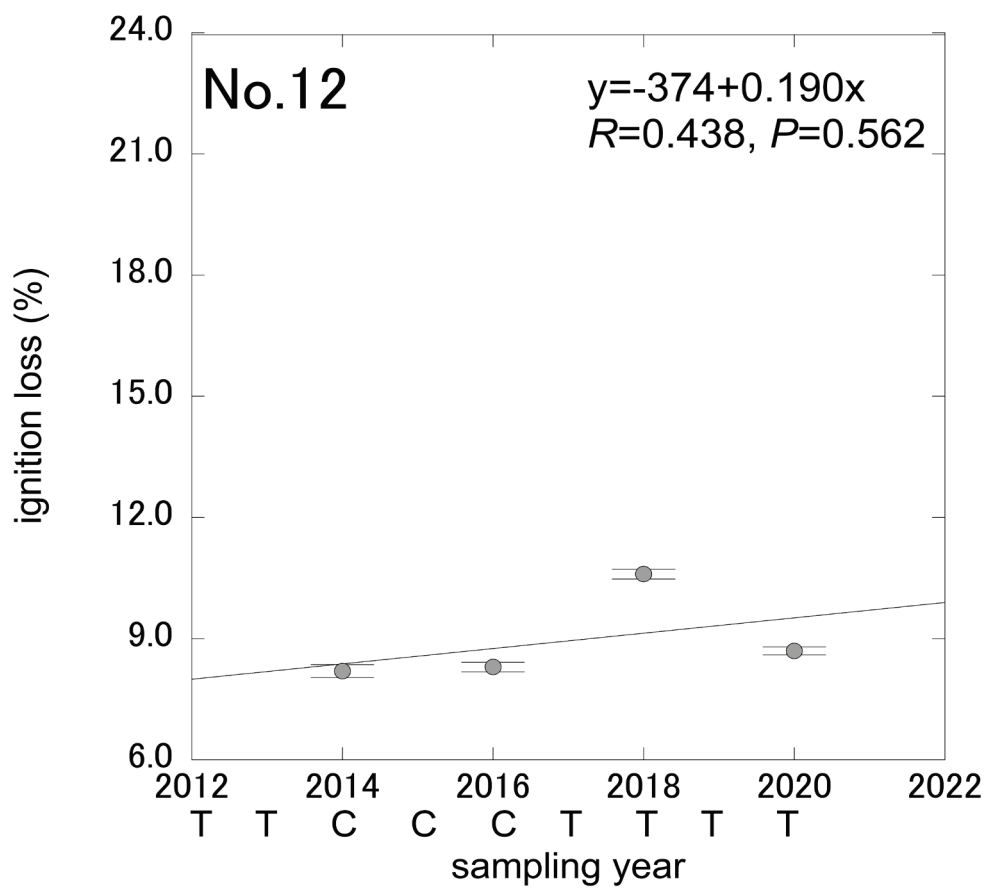


図2-10 No. 12圃場における強熱減量の経年的変化
 書式などについては図2-2を参照

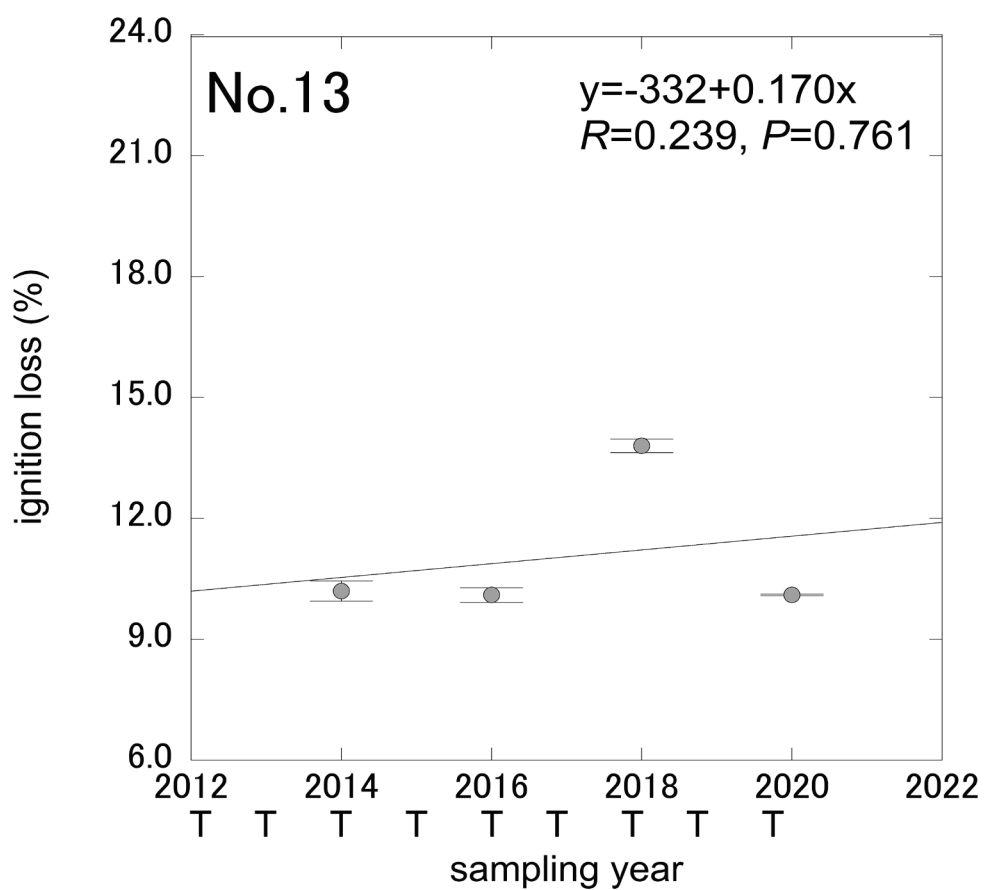


図2-11 No. 13圃場における強熱減量の経年的変化
 書式などについては図2-2を参照

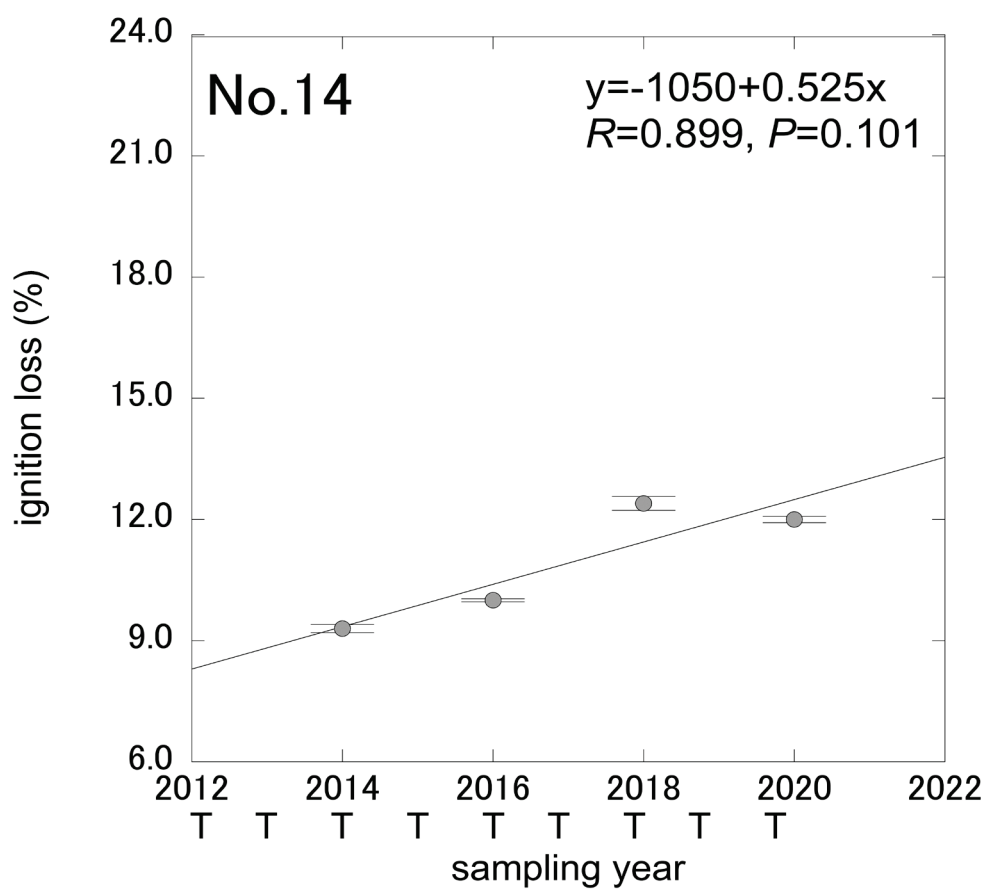


図2-12 No. 14圃場における強熱減量の経年的変化
 書式などについては図2-2を参照

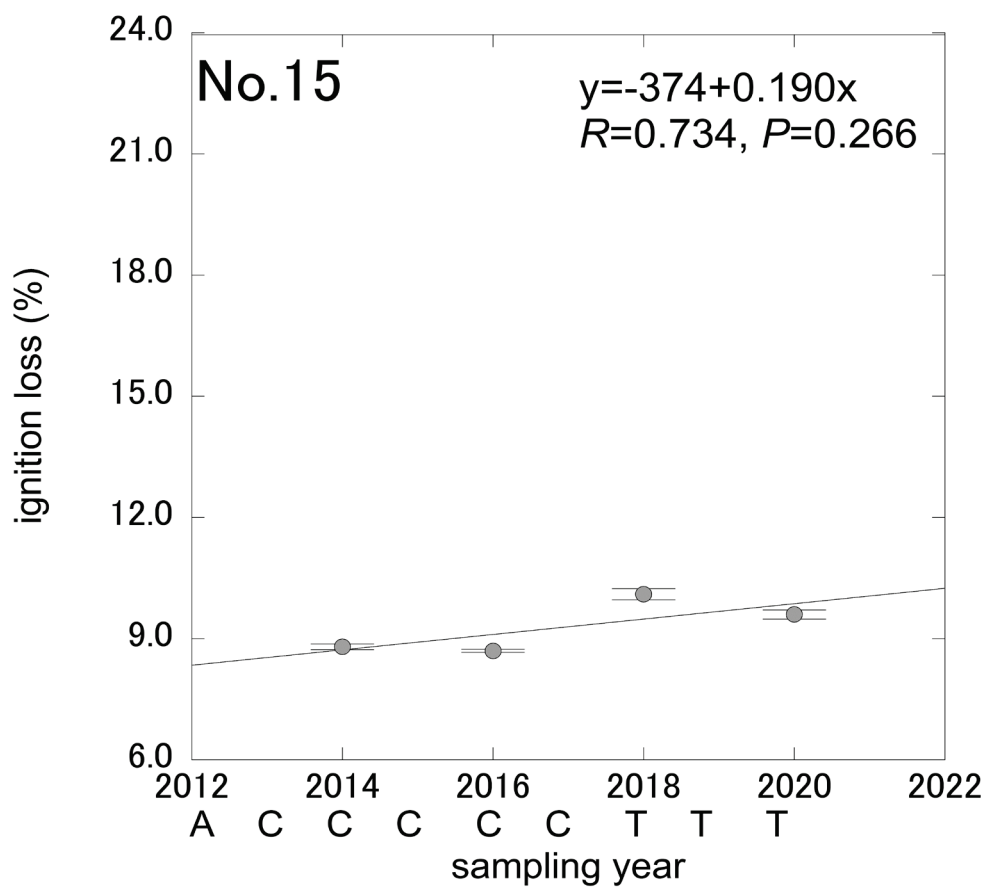


図2-13 No. 15圃場における強熱減量の経年的変化
 書式などについては図2-2を参照

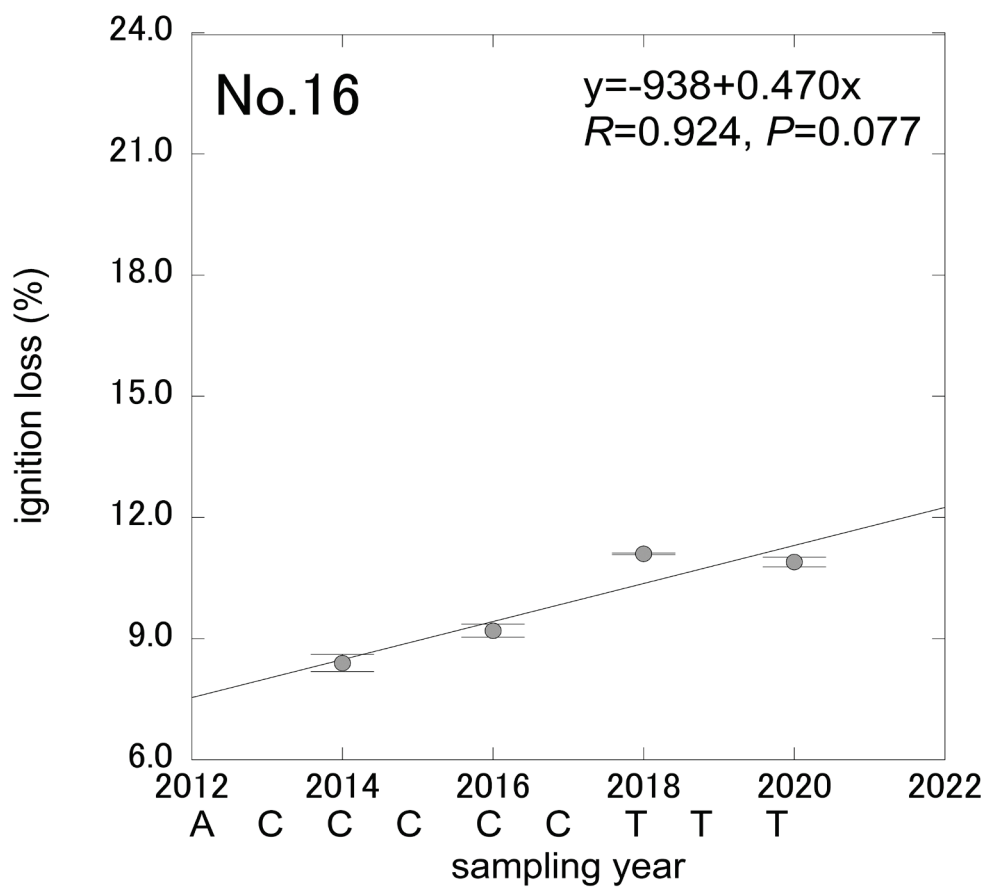


図2-14 No. 16圃場における強熱減量の経年的変化
 書式などについては図2-2を参照

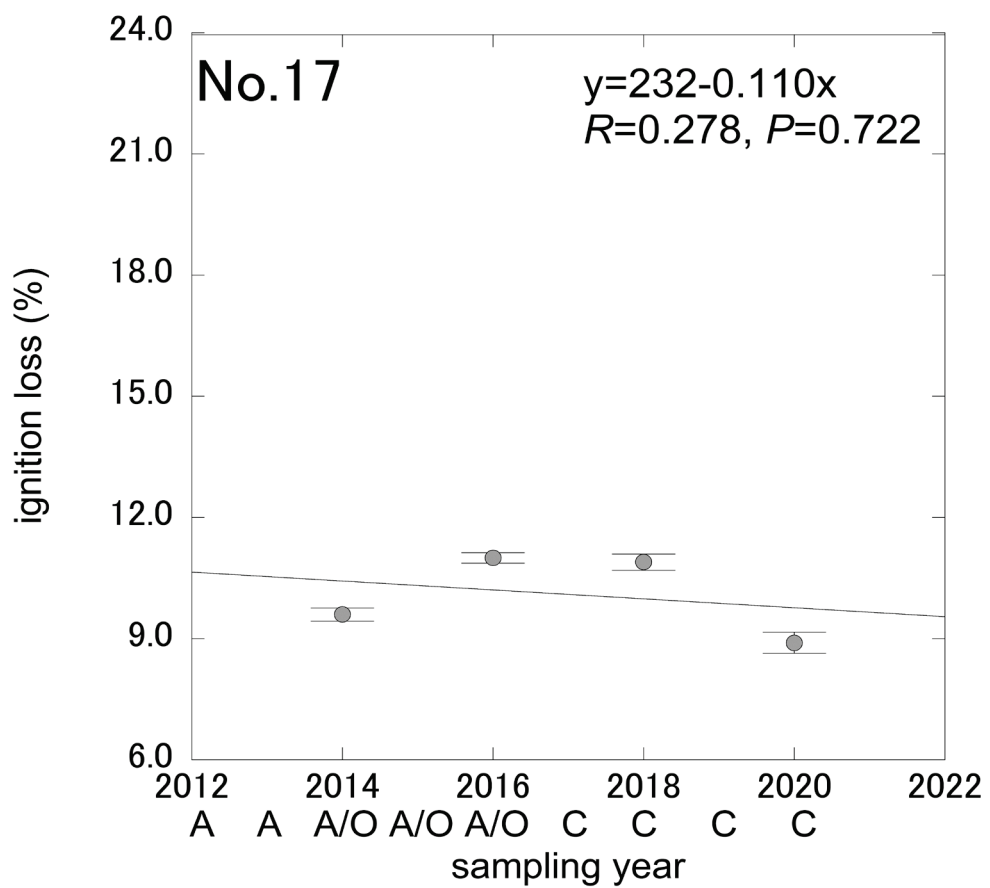


図2-15 No. 17圃場における強熱減量の経年的変化
 書式などについては図2-2を参照

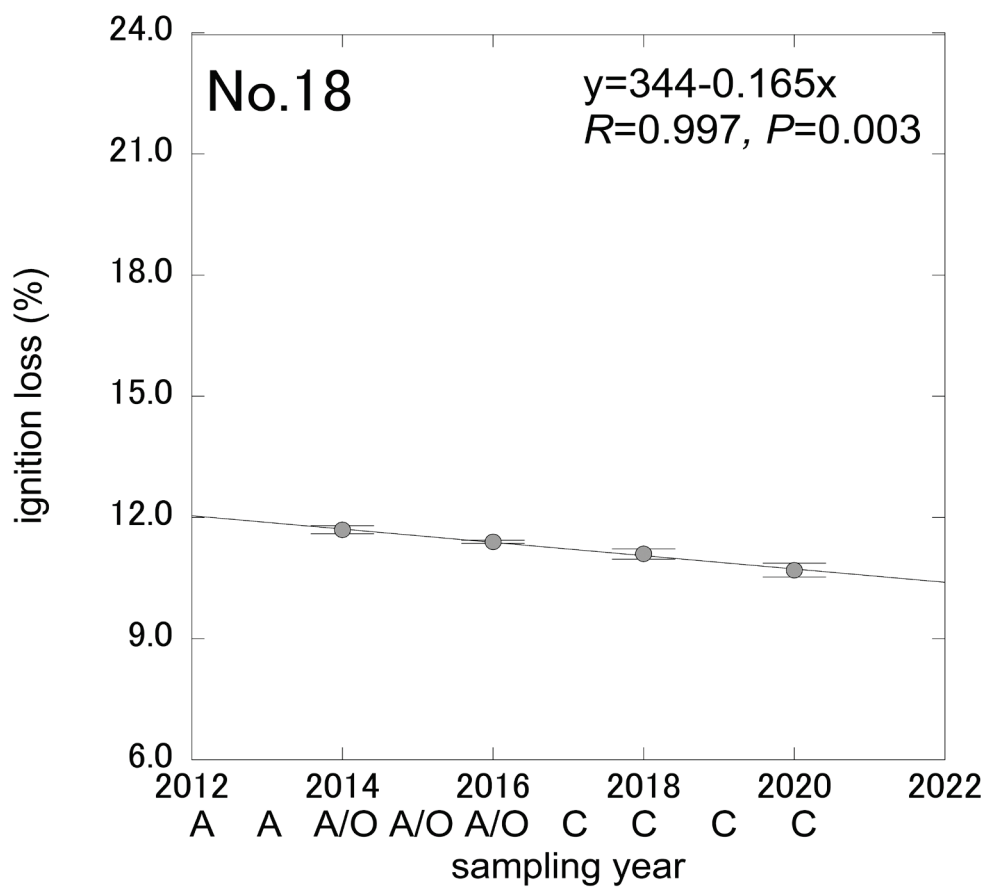


図2-16 No. 18圃場における強熱減量の経年的変化
 書式などについては図2-2を参照

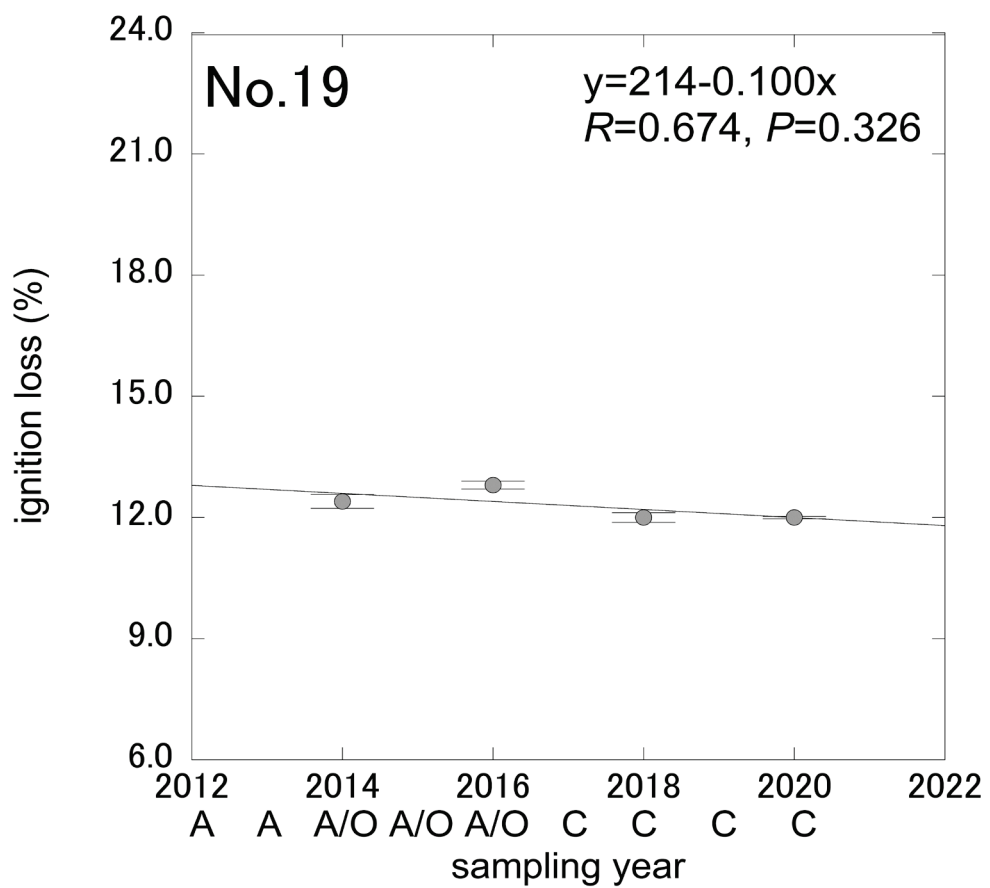


図2-17 No. 19圃場における強熱減量の経年的変化
 書式などについては図2-2を参照

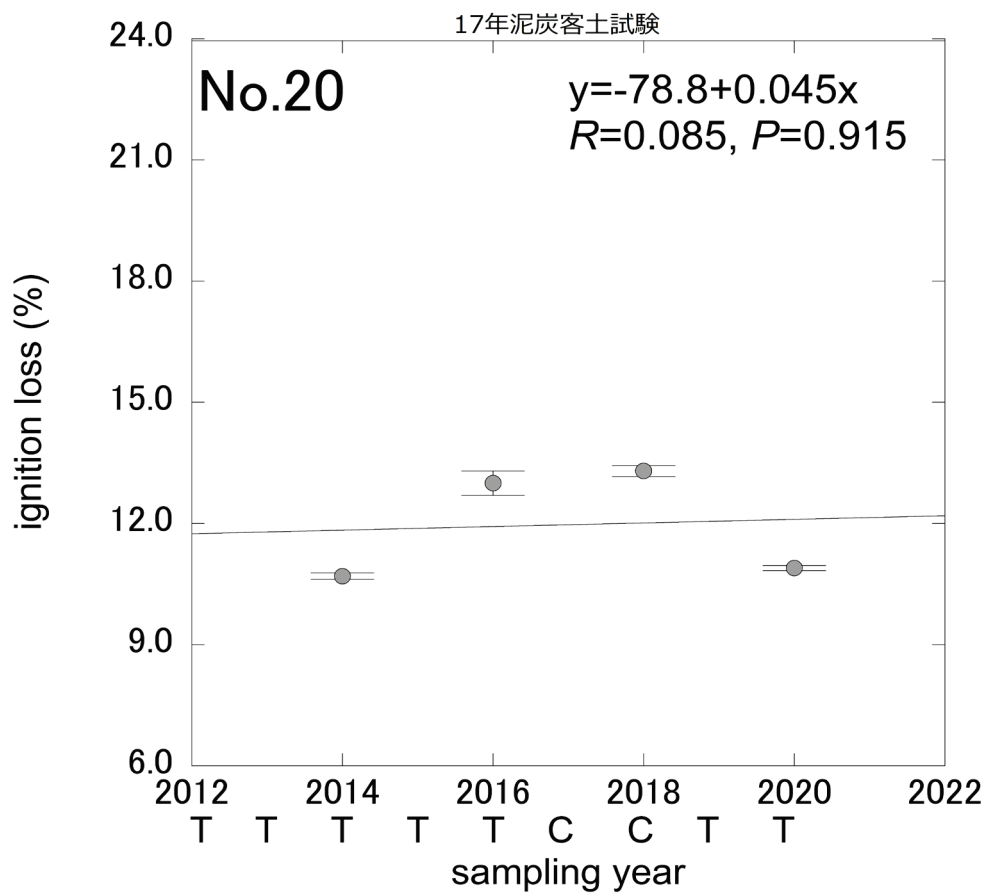


図2-18 No. 20圃場における強熱減量の経年的変化
 書式などについては図2-2を参照

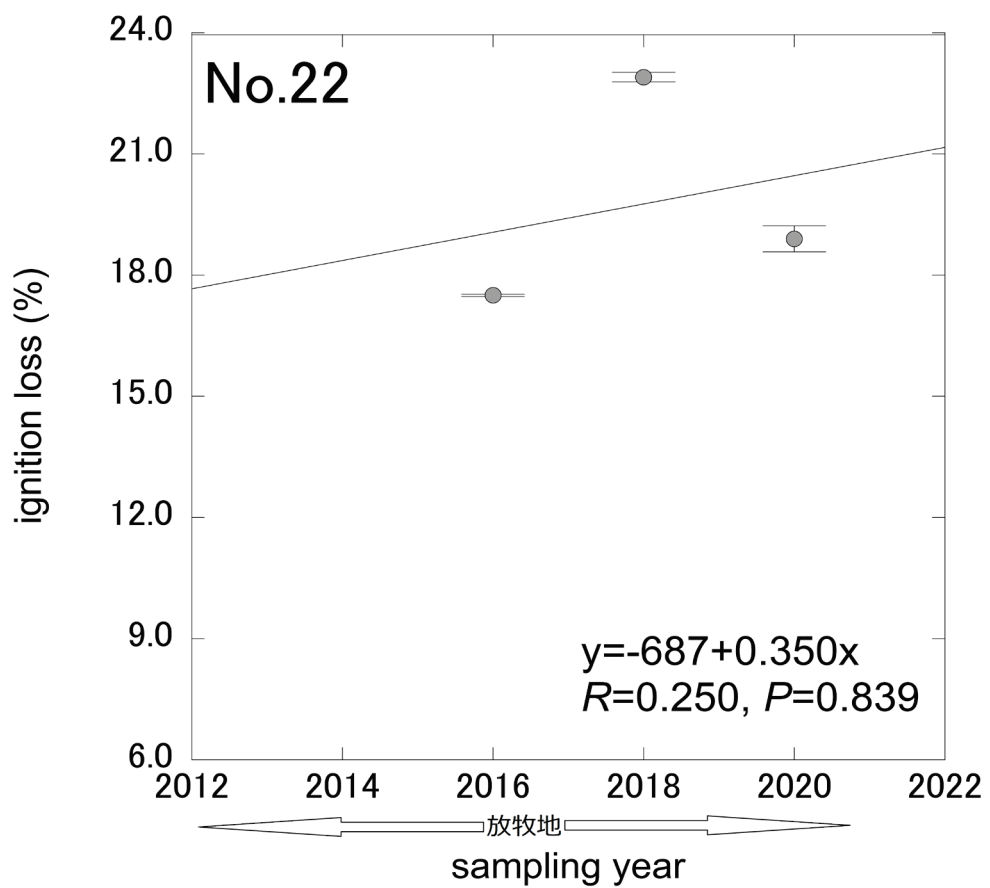


図2-19 No. 22圃場における強熱減量の経年的変化
書式などについては図2-2を参照

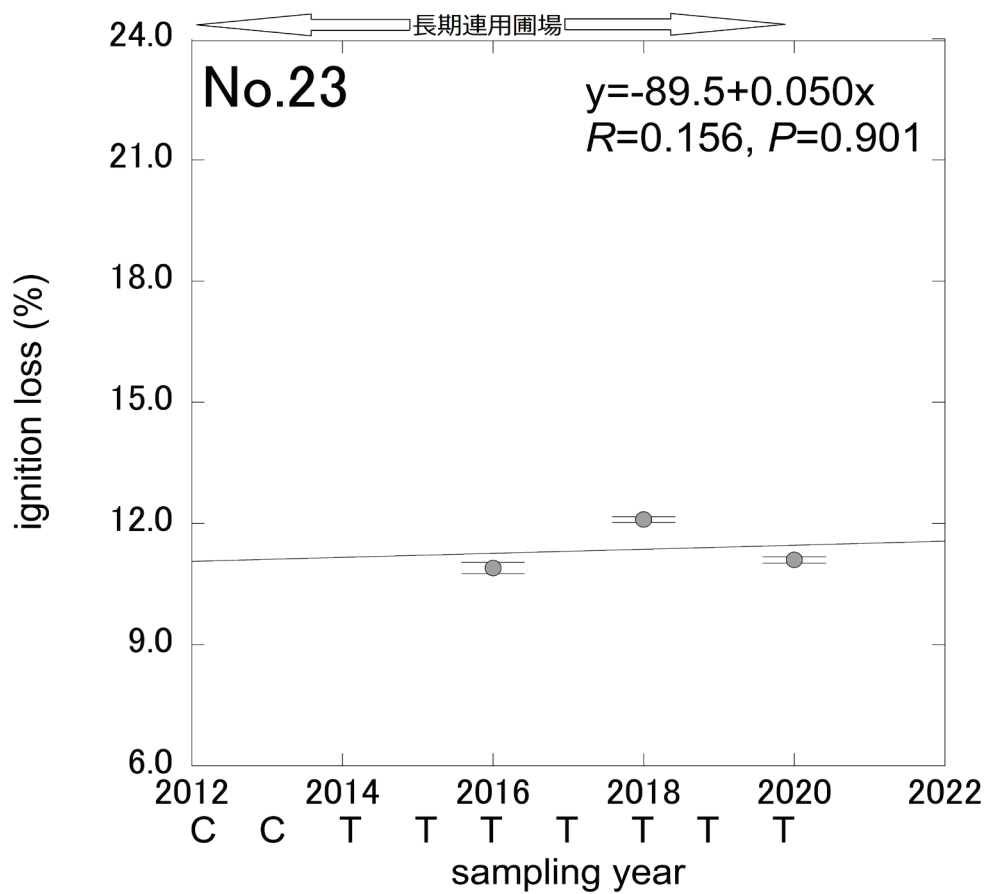


図2-20 No. 23圃場における強熱減量の経年的変化
 書式などについては図2-2を参照

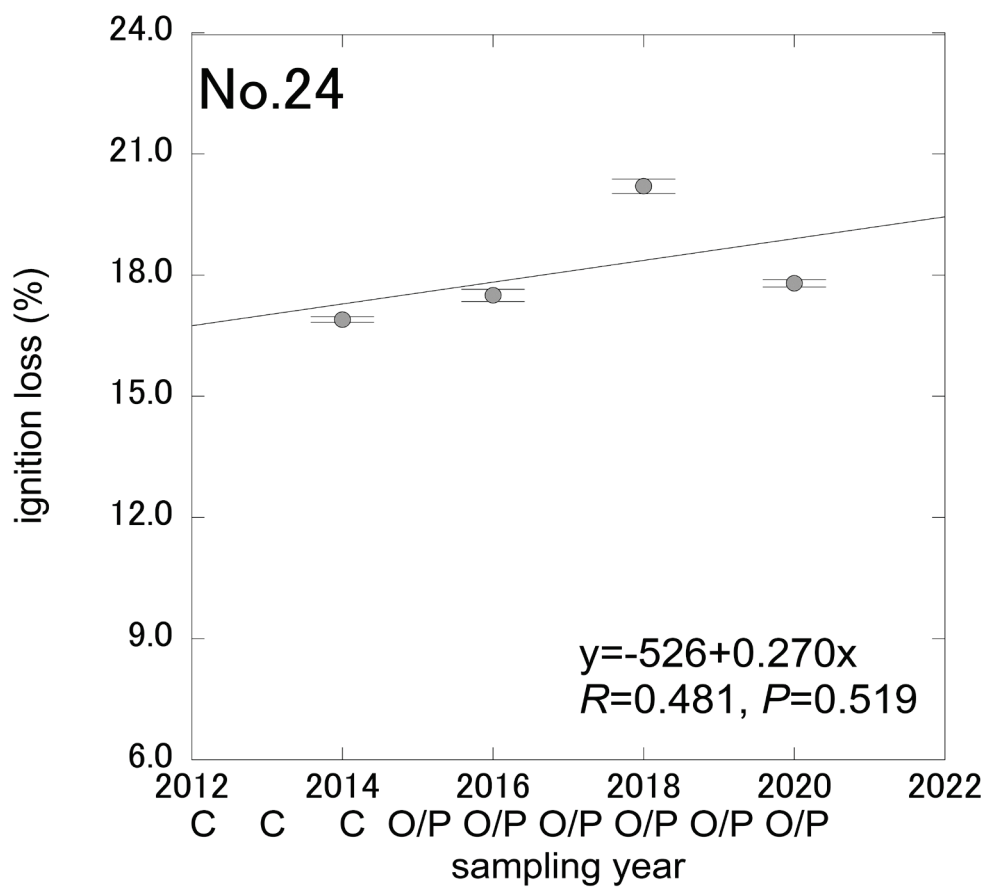


図2-21 No. 24圃場における強熱減量の経年的変化
書式などについては図2-2を参照

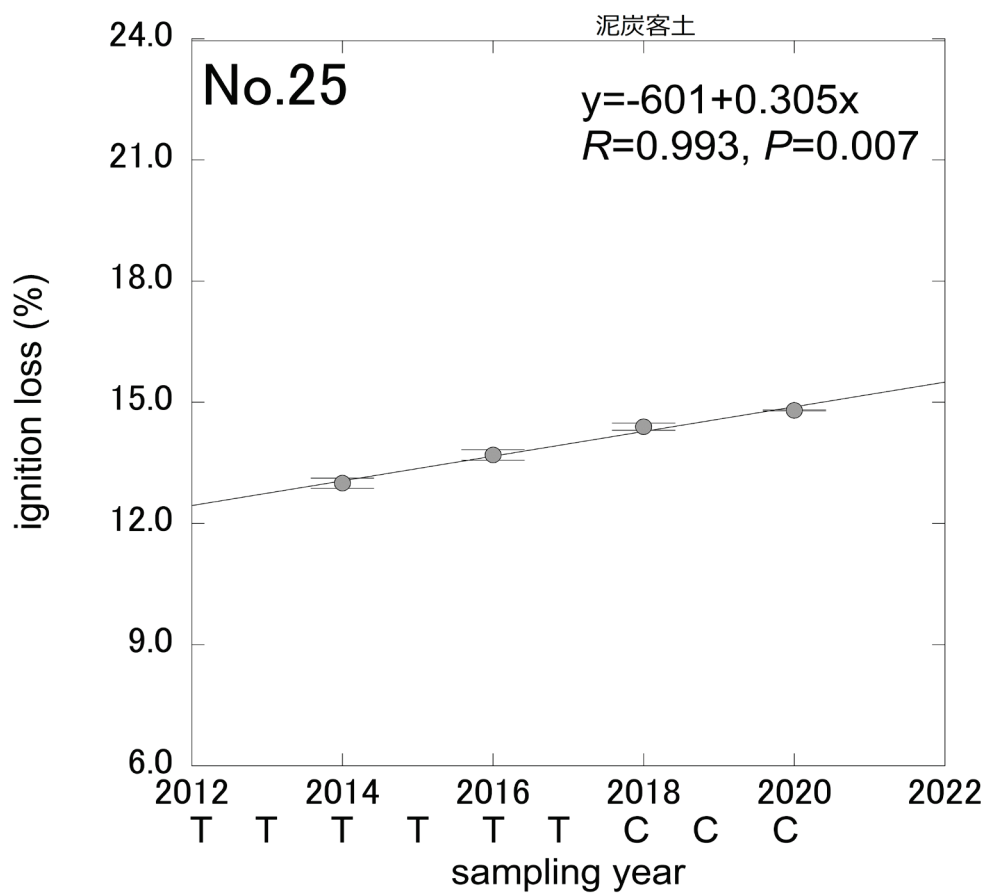


図2-22 No. 25圃場における強熱減量の経年的変化
書式などについては図2-2を参照

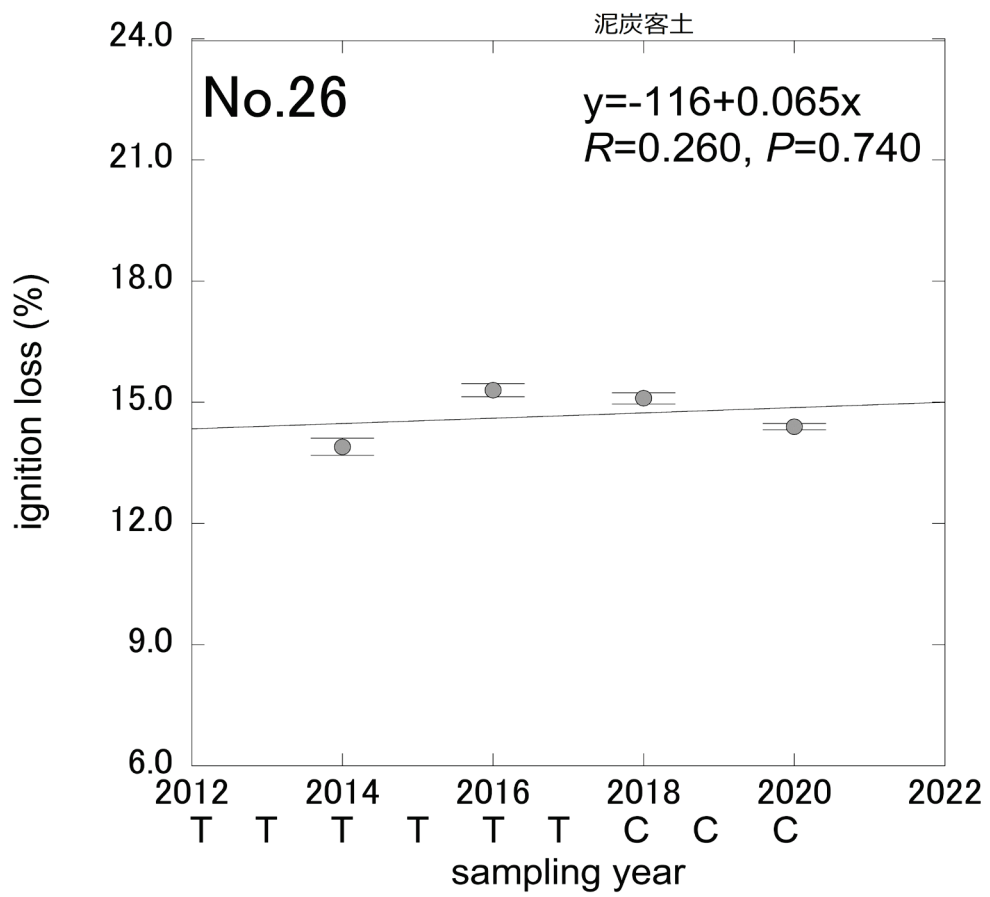


図2-23 No. 26圃場における強熱減量の経年的変化
 書式などについては図2-2を参照

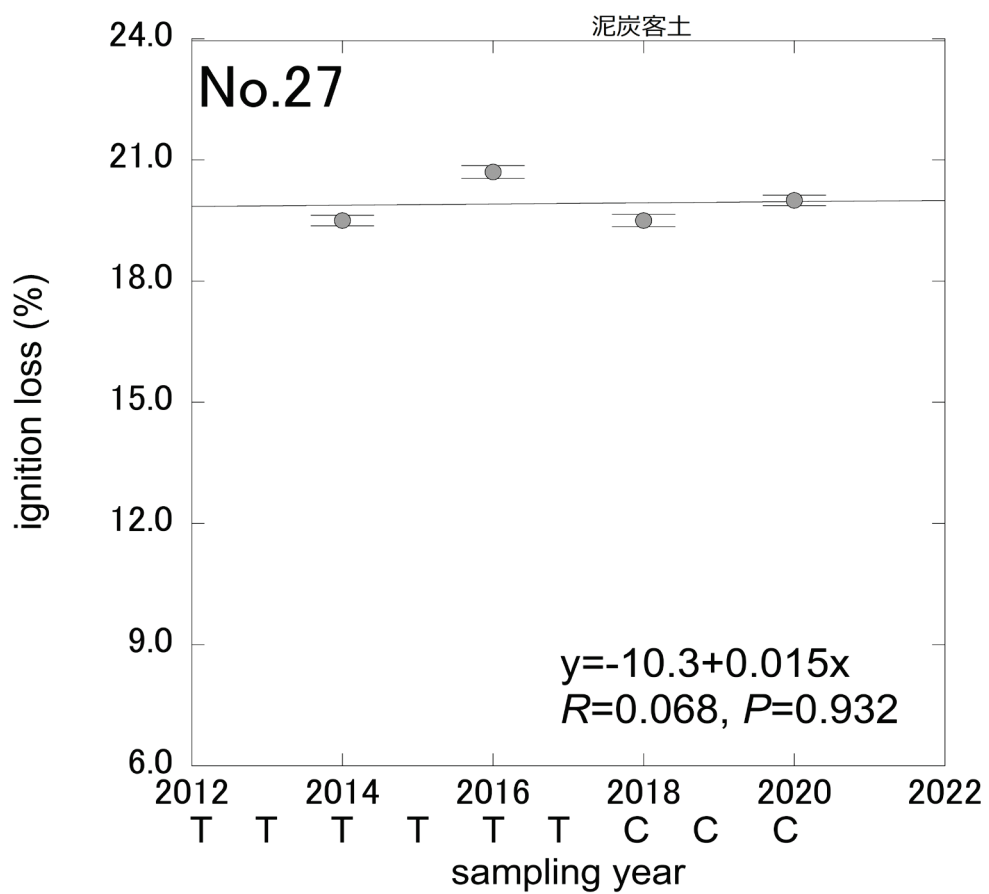


図2-24 No. 27圃場における強熱減量の経年的変化
 書式などについては図2-2を参照

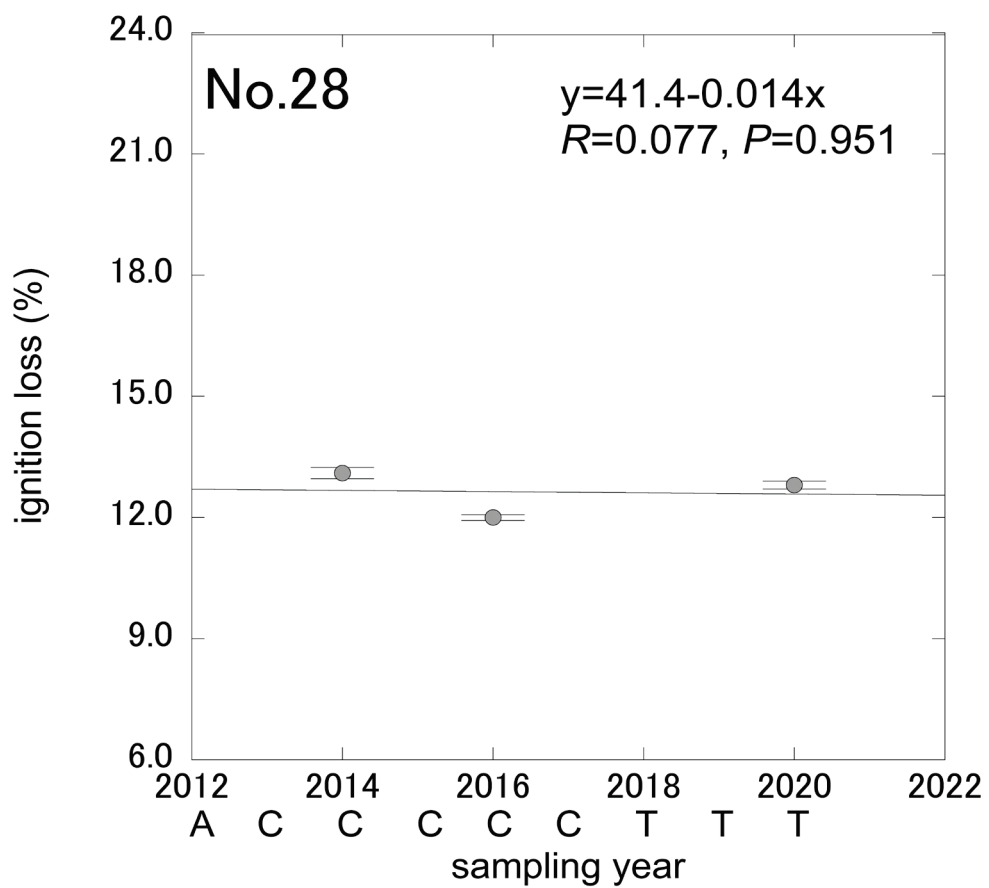


図2-25 No. 28圃場における強熱減量の経年的変化
 書式などについては図2-2を参照

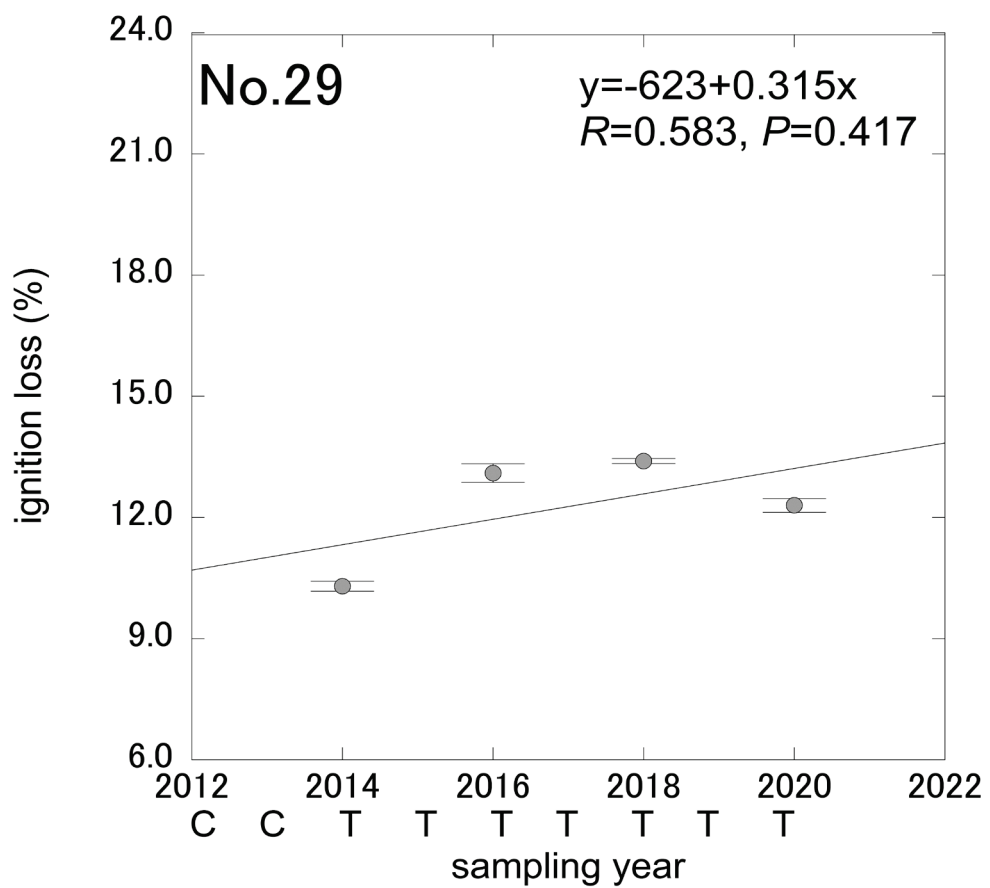


図2-26 No. 29圃場における強熱減量の経年的変化
 書式などについては図2-2を参照

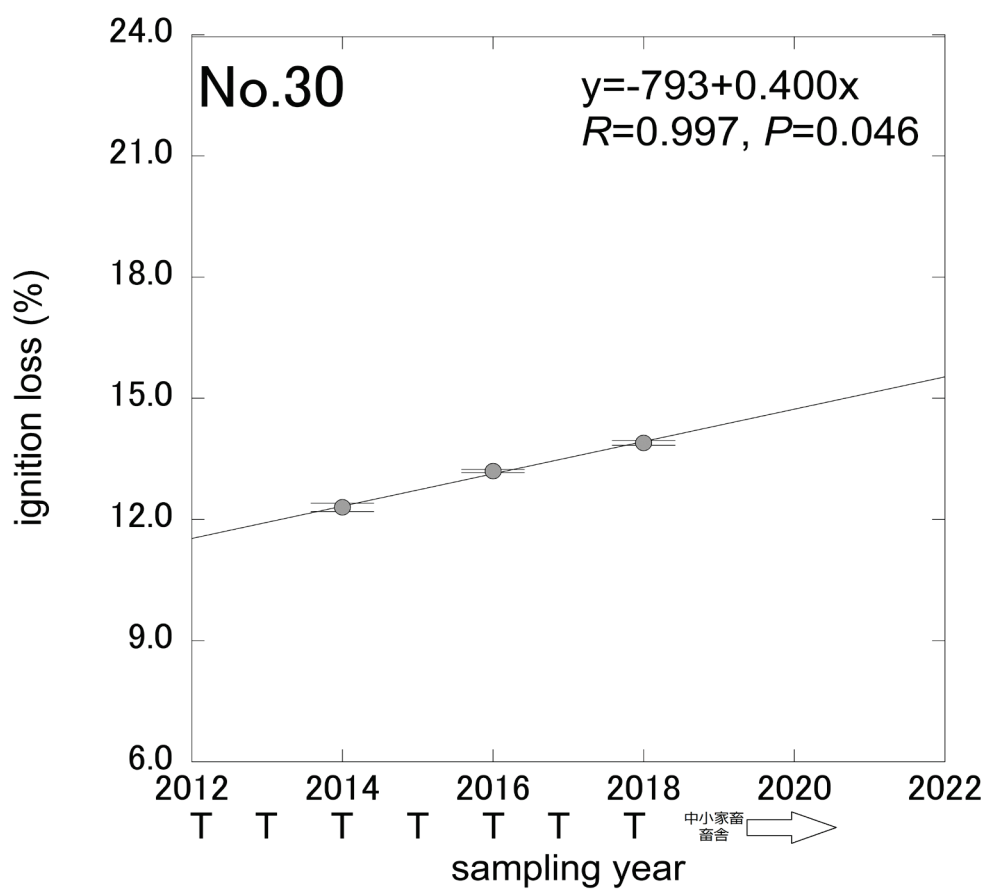


図2-27 No. 30圃場における強熱減量の経年的変化
 書式などについては図2-2を参照

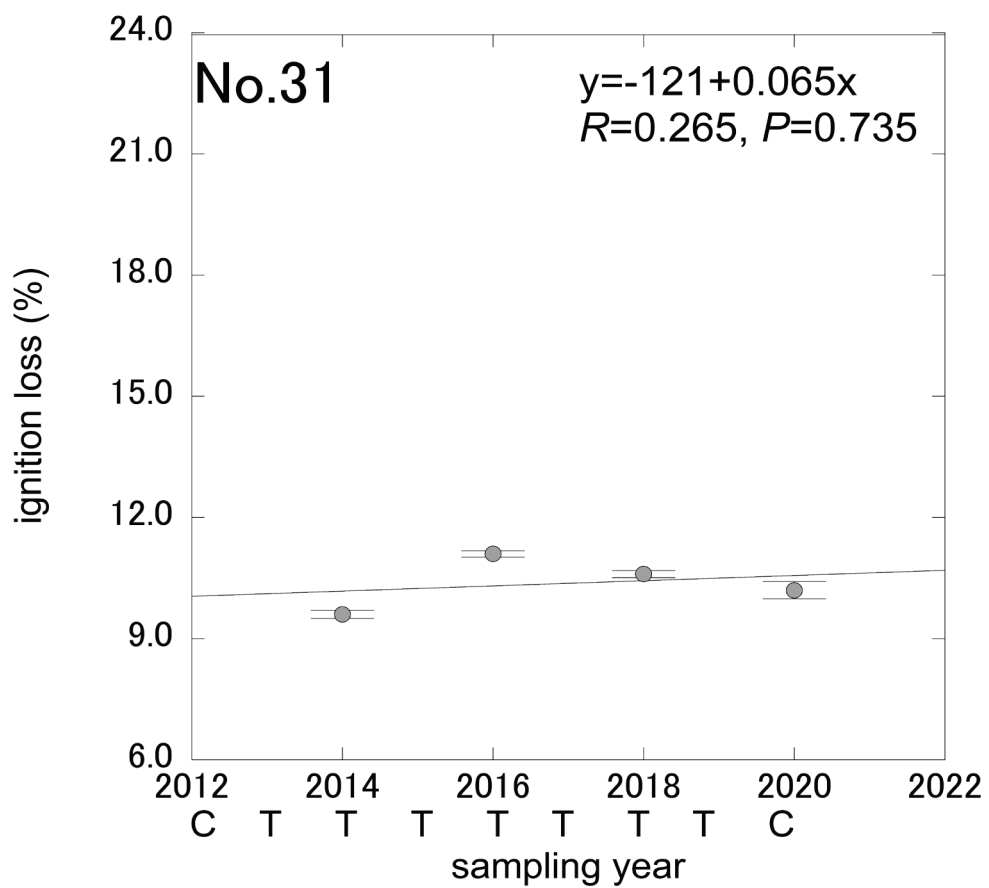


図2-28 No. 31圃場における強熱減量の経年的変化
 書式などについては図2-2を参照

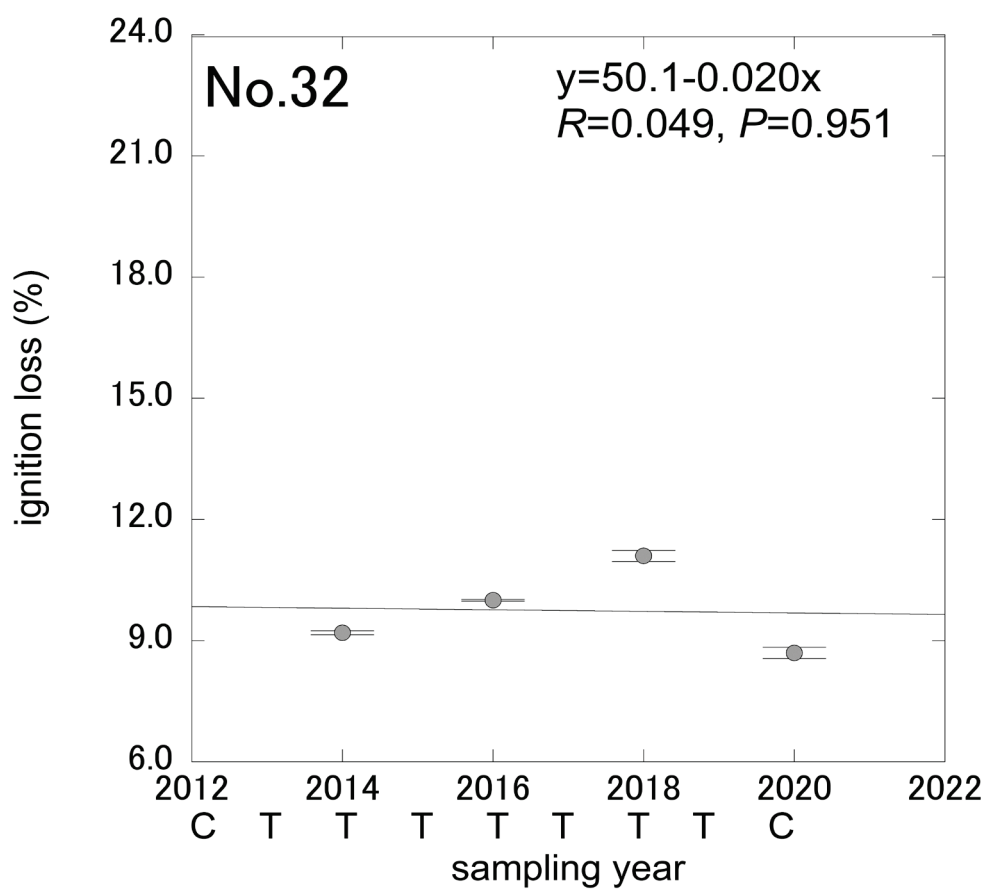


図2-29 No. 32圃場における強熱減量の経年的変化
 書式などについては図2-2を参照

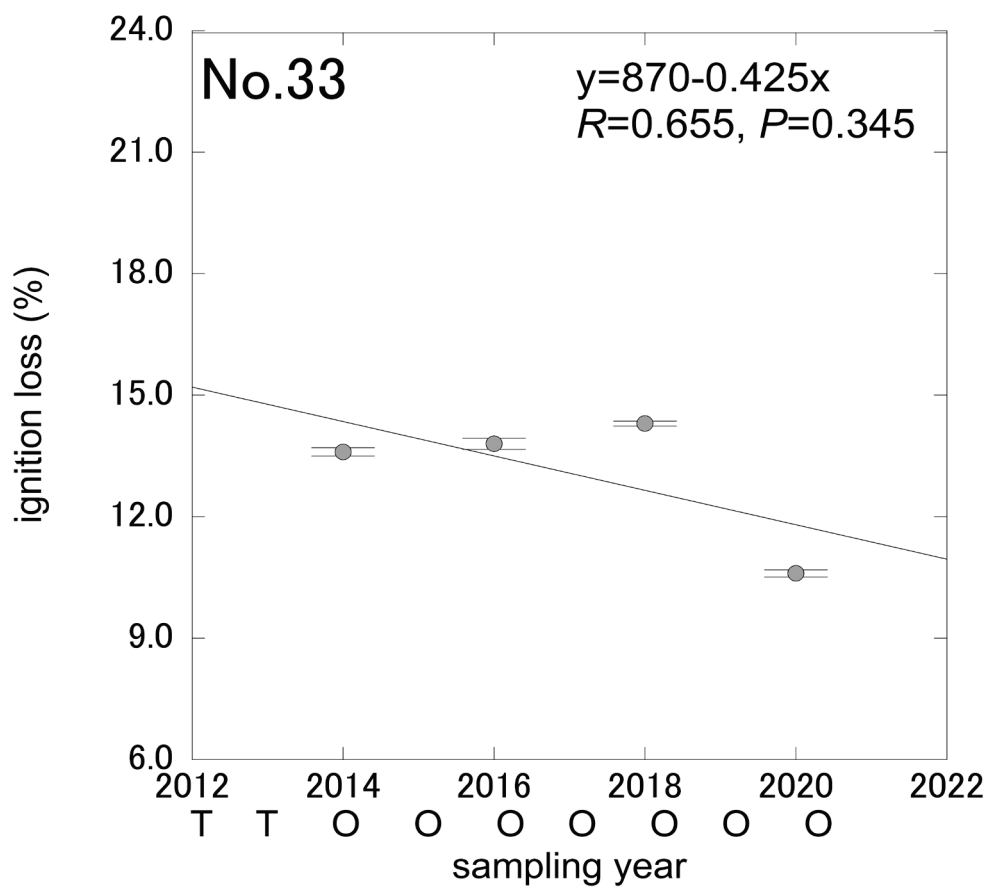


図2-30 No. 33圃場における強熱減量の経年的変化
 書式などについては図2-2を参照

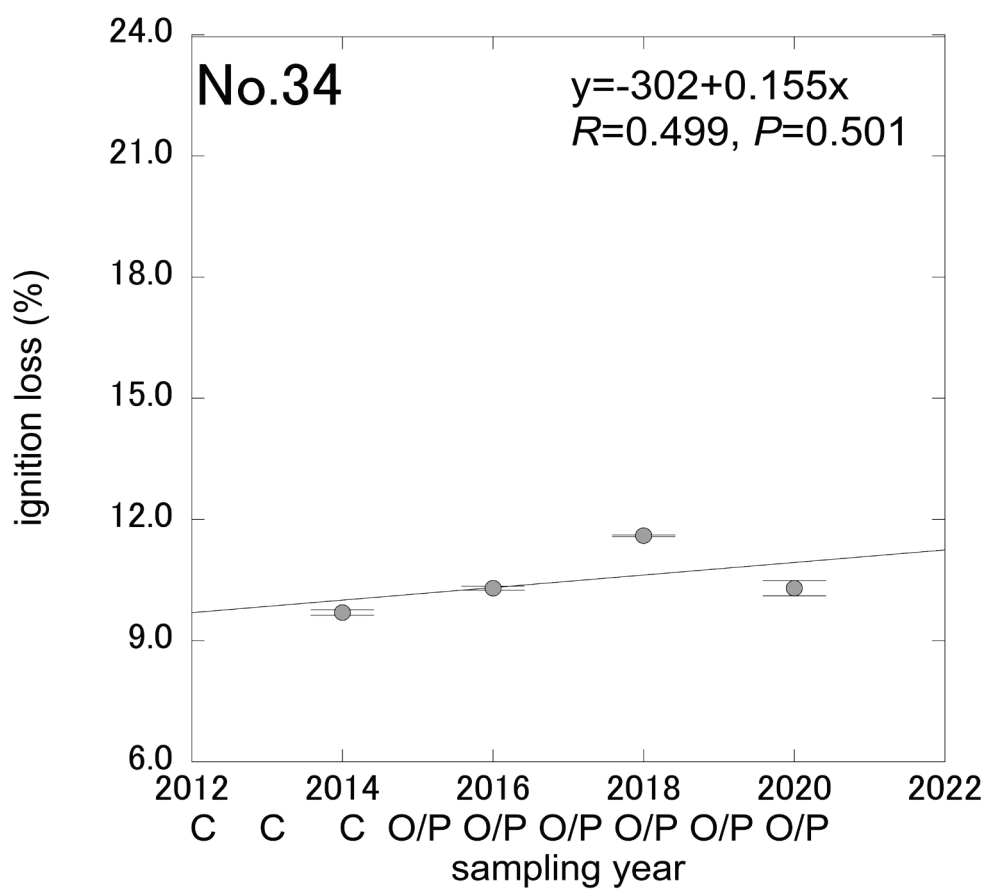


図2-31 No. 34圃場における強熱減量の経年的変化
 書式などについては図2-2を参照

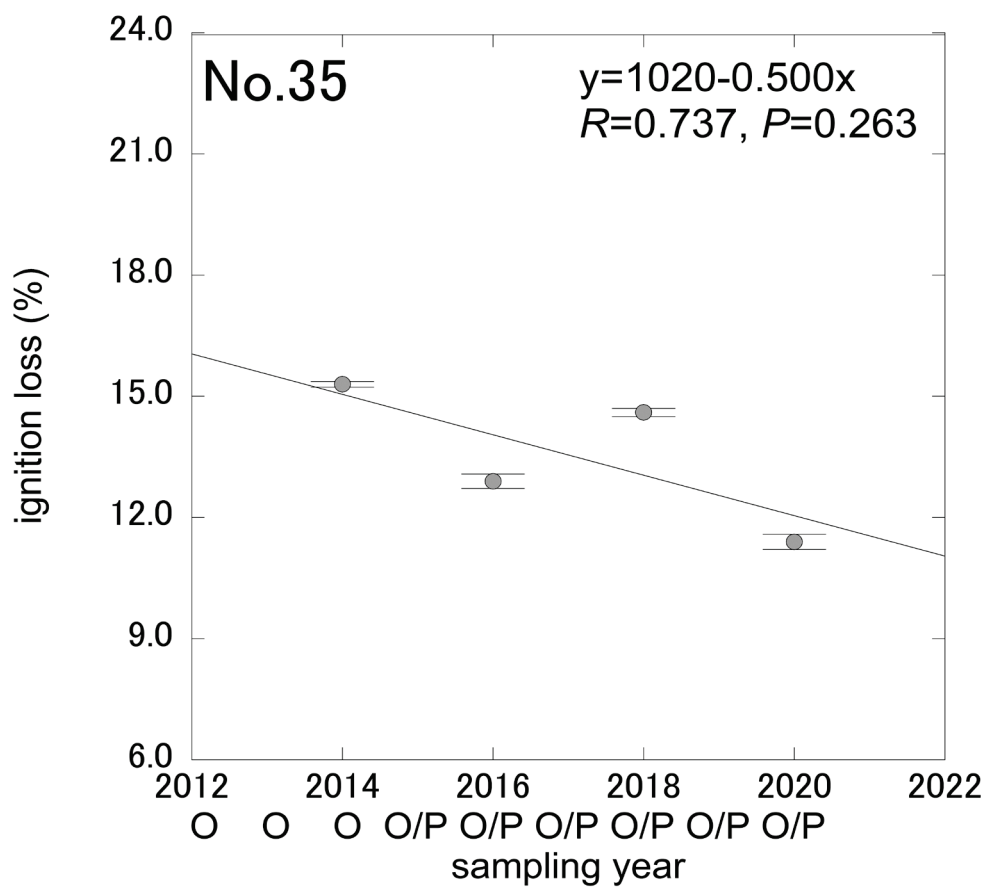


図2-32 No. 35圃場における強熱減量の経年的変化
 書式などについては図2-2を参照

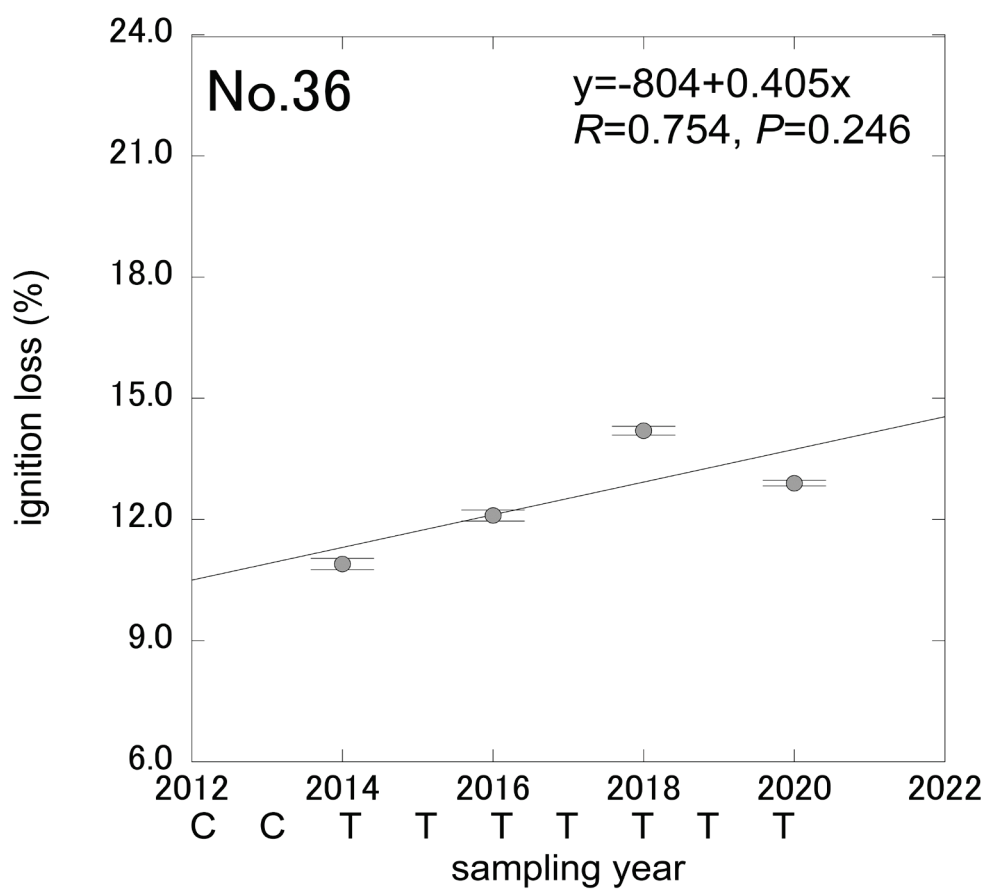


図2-33 No. 36圃場における強熱減量の経年的変化
 書式などについては図2-2を参照

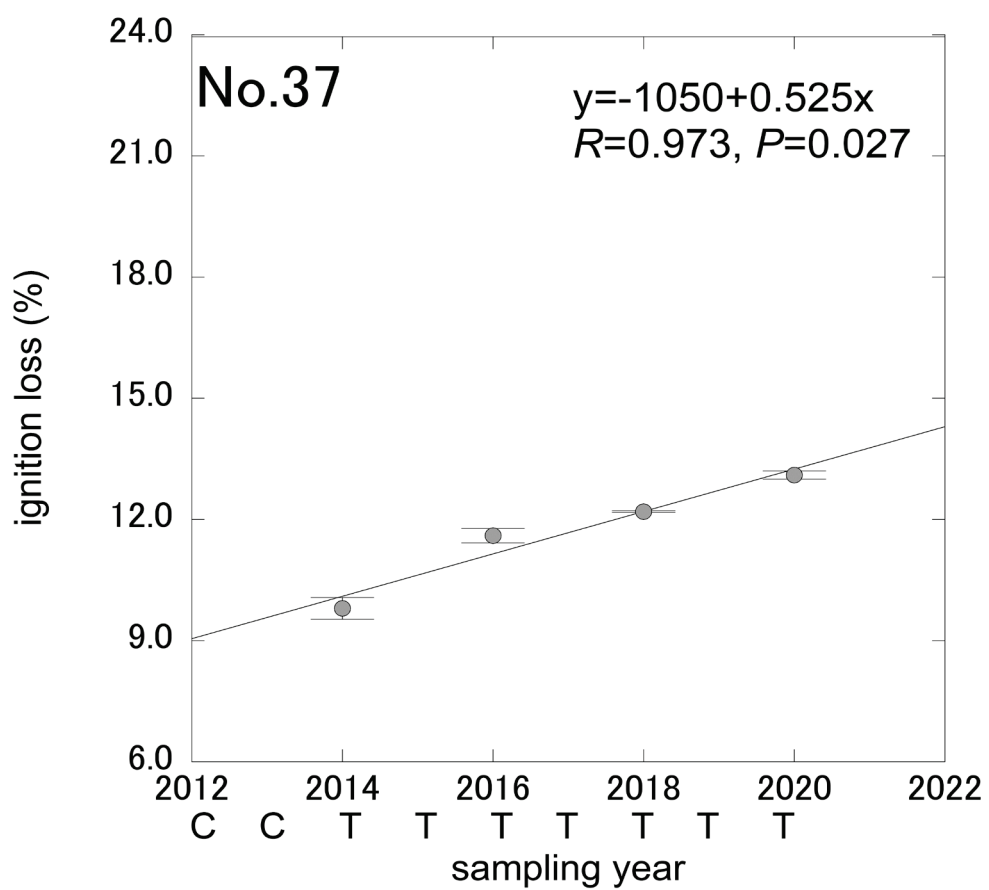


図2-34 No. 37圃場における強熱減量の経年的変化
 書式などについては図2-2を参照

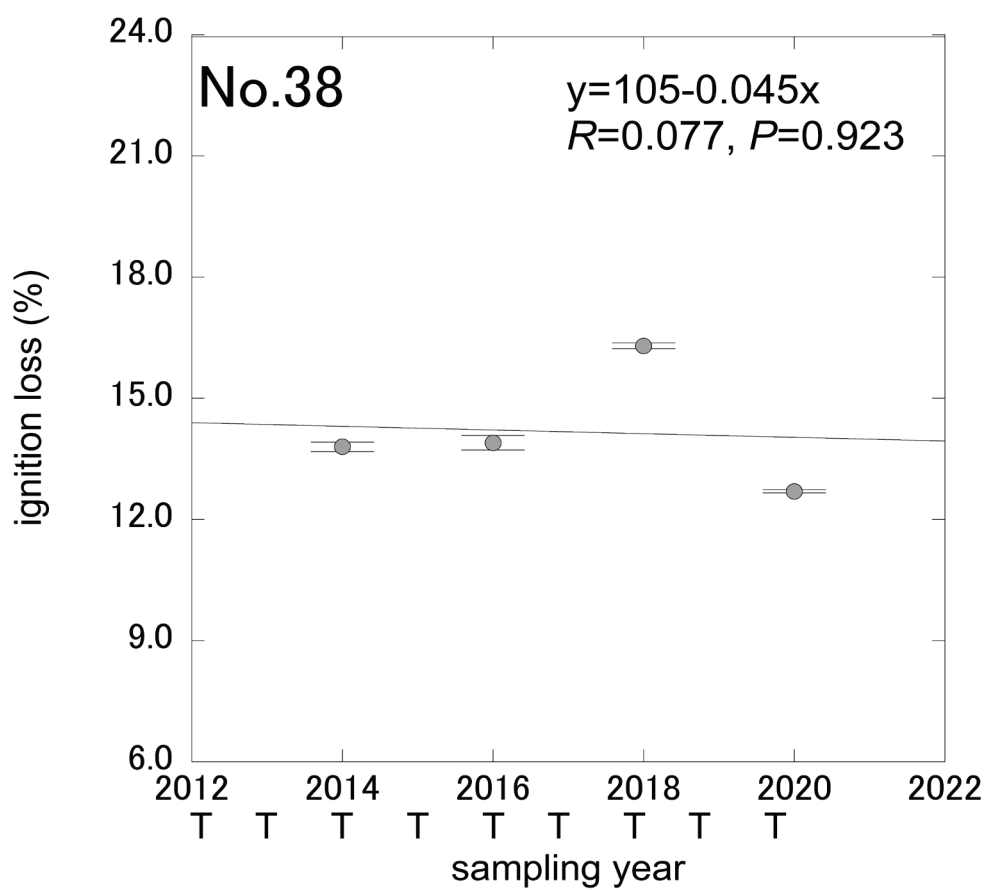


図2-35 No. 38圃場における強熱減量の経年的変化
 書式などについては図2-2を参照

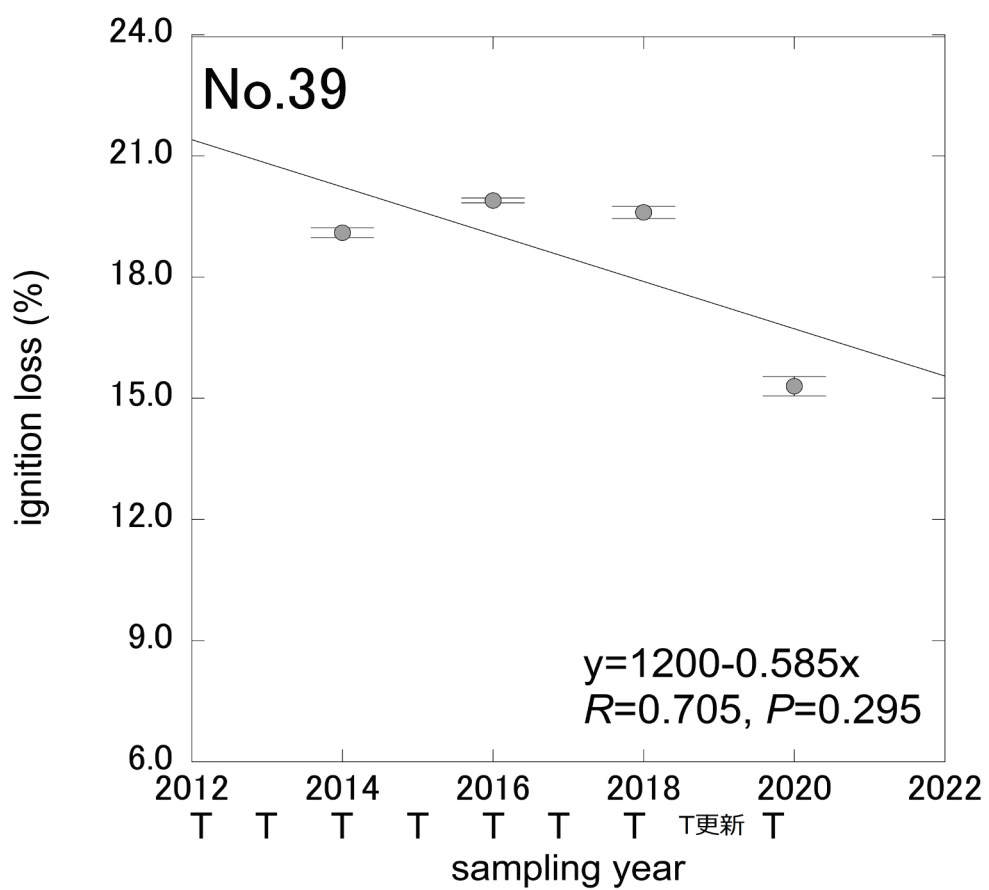


図2-36 No. 39圃場における強熱減量の経年的変化
書式などについては図2-2を参照

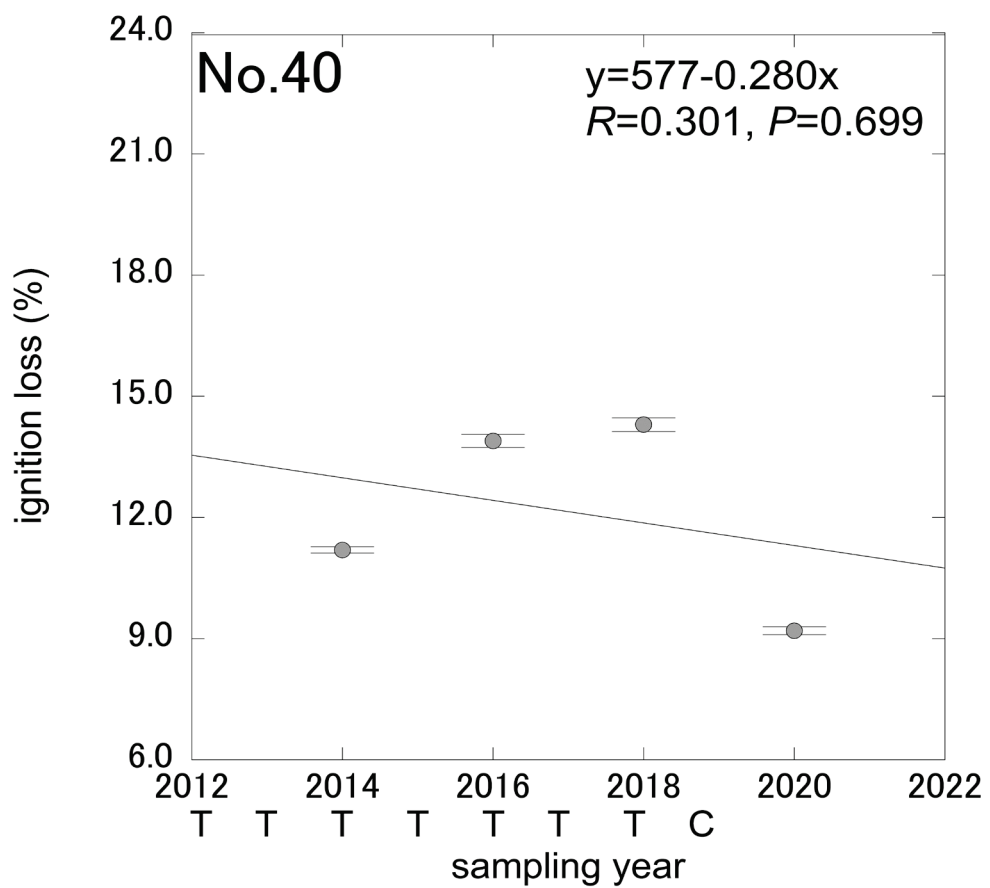


図2-37 No. 40圃場における強熱減量の経年的変化
 書式などについては図2-2を参照

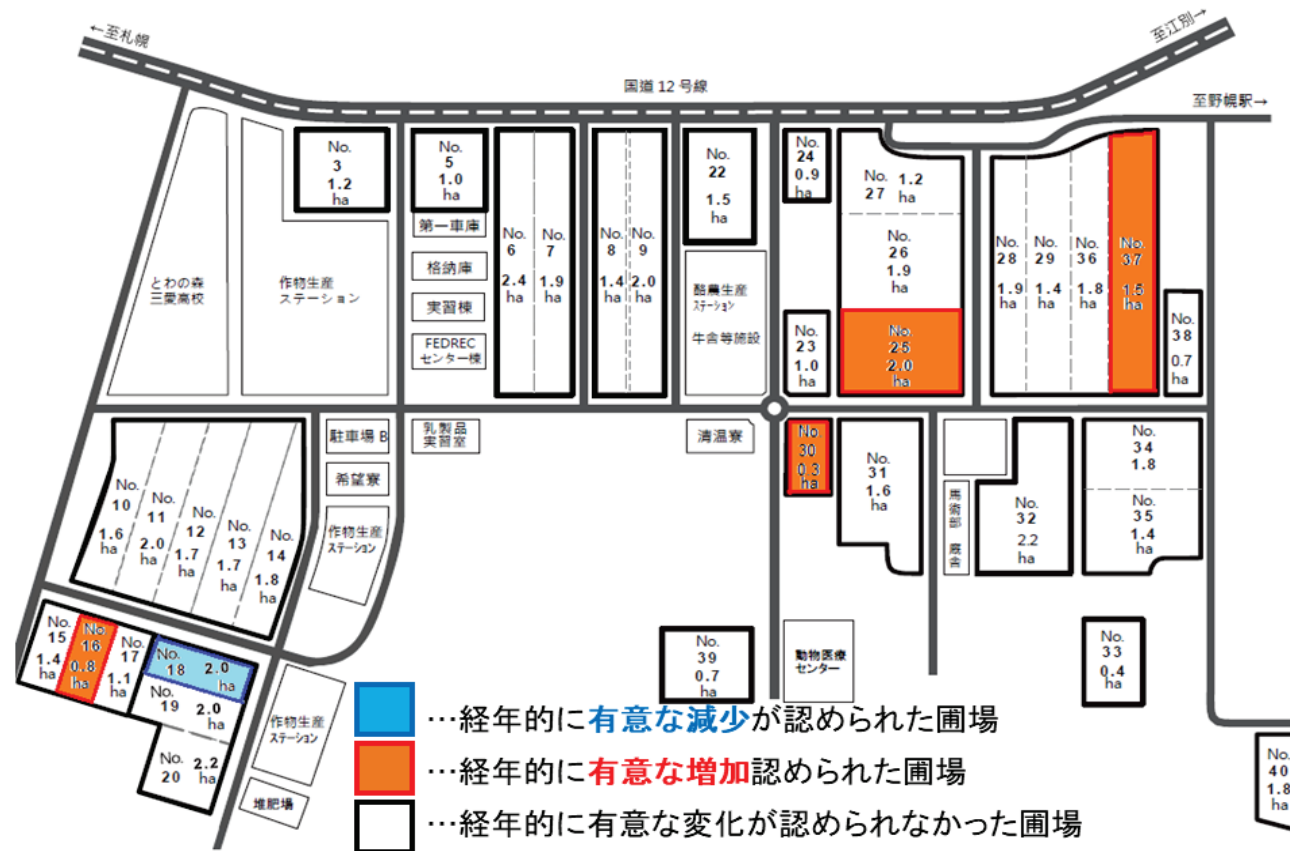


図2-38 強熱減量の経年的変化を示したマップ

経年的に有意な増加の圃場は朱色で、減少の圃場は水色で示している。また、白色は経年的変化が認められなかった圃場である。

※本図は2020年度「酪農学園フィールド教育研究センター報告」p.28を引用・一部加工した。

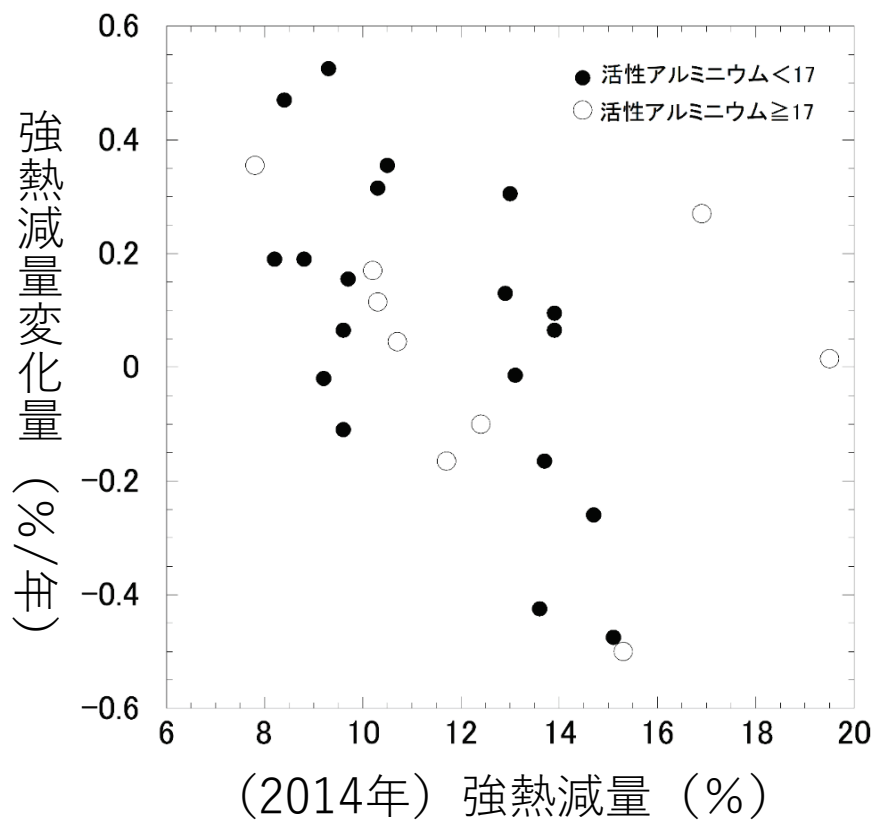


図2-39 文京台全体の強熱減量と変化量
 横軸に2014年の強熱減量，縦軸に強熱減量の変化量（傾き）を示す。

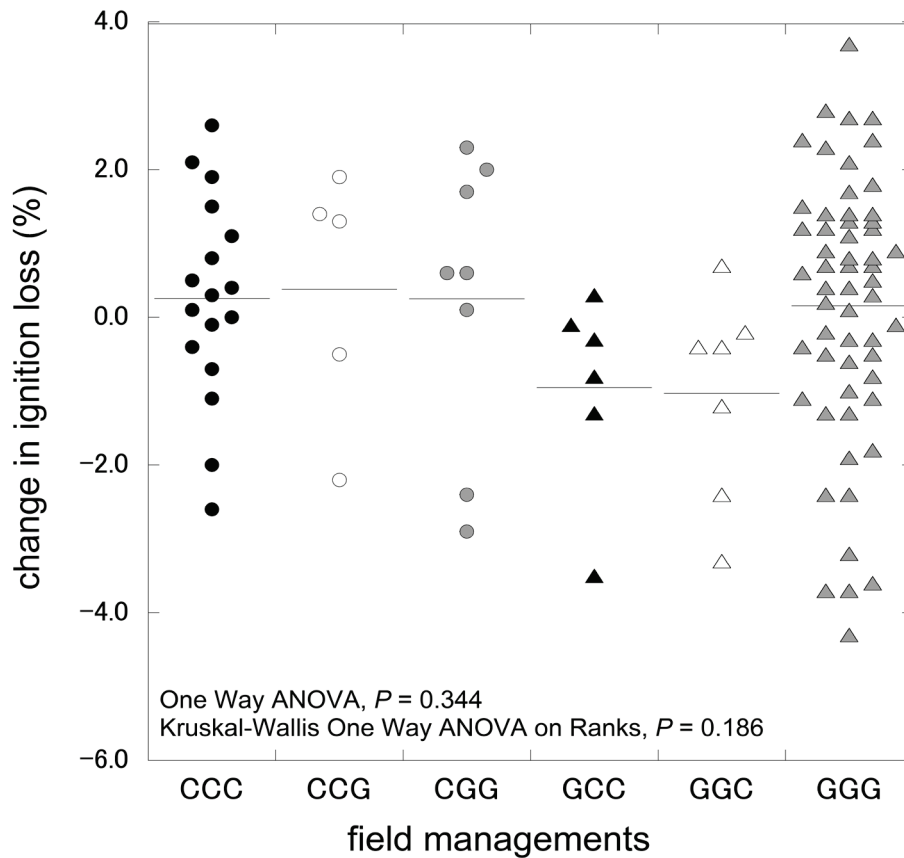


図2-40 圃場履歴と強熱減量の変化（6水準）
 横軸は圃場履歴を、縦軸は強熱減量の変化した値（%）を示す。圃場履歴で使用されている「C」は飼料用トウモロコシ畑を、「G」は採草地を示す。これらを用いた文字列は3年間（2014～2016, 2016～2018, 2018～2020）の連続した圃場履歴を表している。また、図中の横棒は各水準内の平均値を示している。

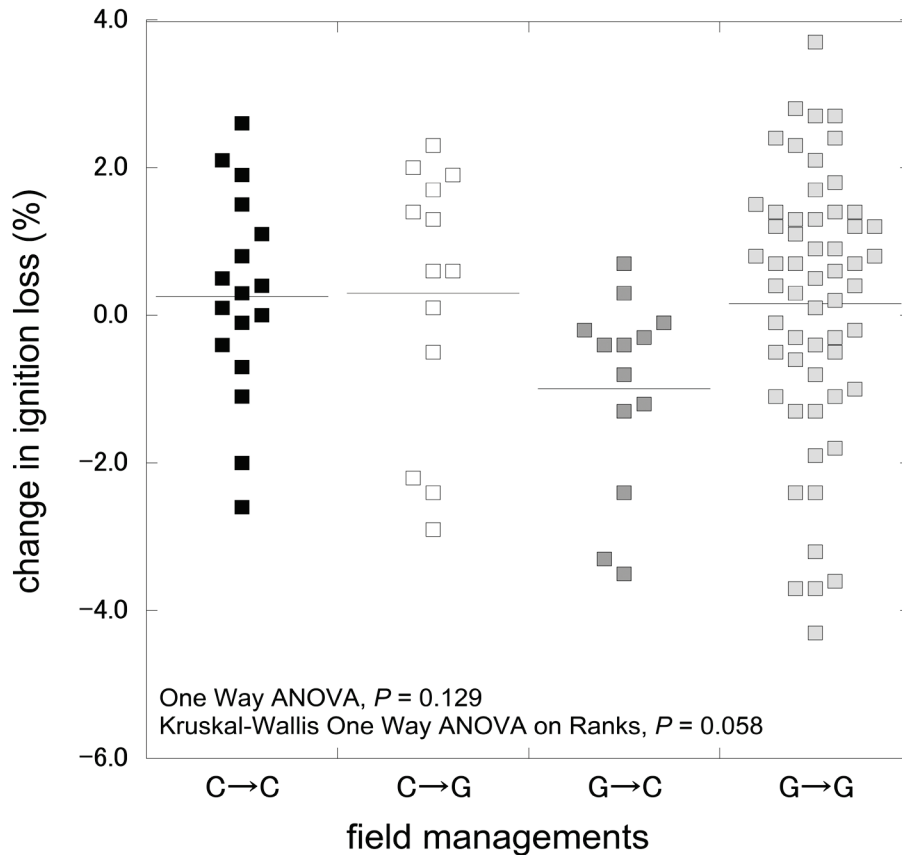


図2-41 圃場履歴と強熱減量の変化（4水準）

横軸は圃場履歴を、縦軸は強熱減量の変化した値（%）を示す。圃場履歴で使用されている「C」は飼料用トウモロコシ畑を、「G」は採草地を示す。例えば、「G→C」であれば、連続した3年間の開始年が採草地、最終年が飼料畑であったことを表している。また、図中の横棒は各水準内の平均値を示している。

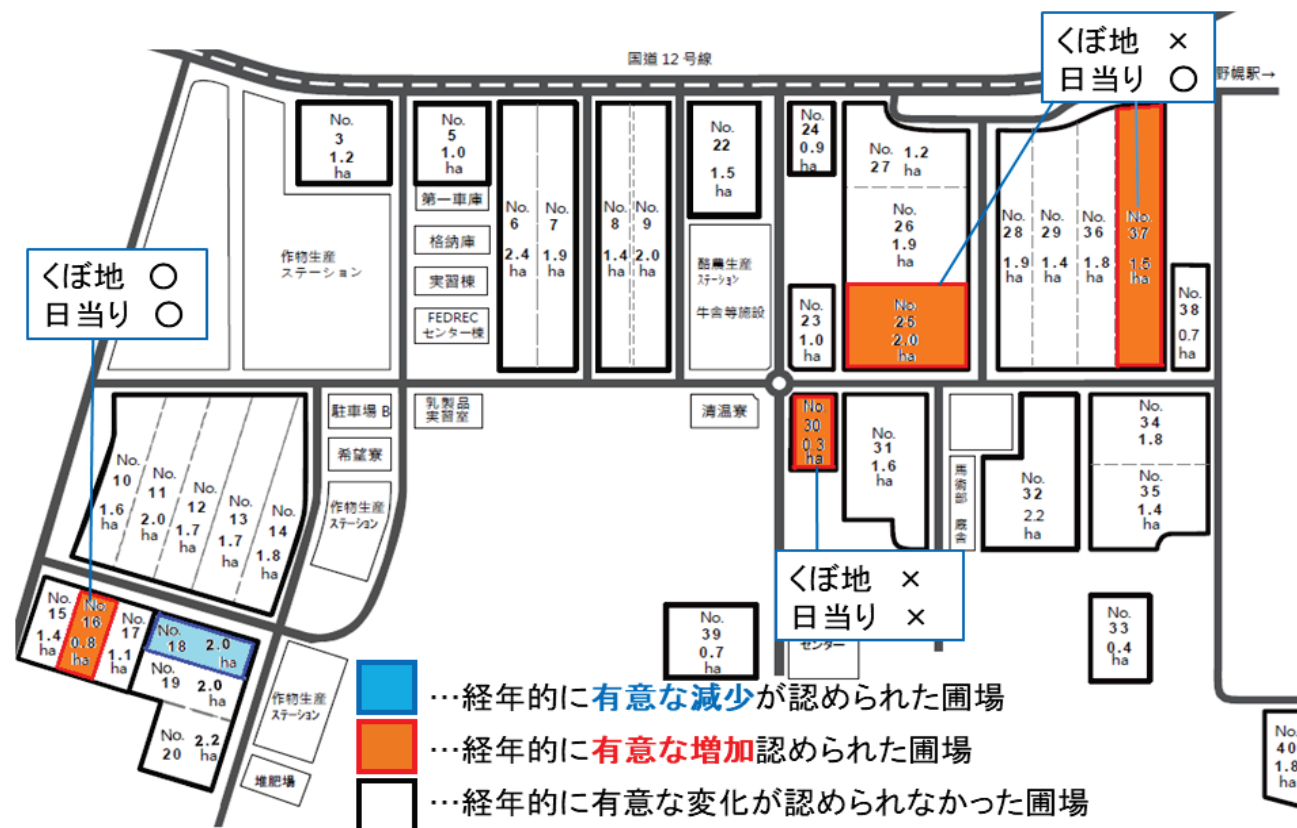


図2-42 強熱減量の経年的変化と立地などの要因

経年的に土壌炭素貯留（増加）の圃場は朱色で、土壌炭素消耗（減少）の圃場は水色で示している。

また、「くぼ地 ○」はくぼ地であるという意味であり、「くぼ地 ×」はくぼ地でないという意味である。

さらに「日当り ○」は日当りが良好であるという意味であり、「日当り ×」は日当りが良くないという意味である。

表2-1 土壤全炭素含量の変化率と土壤炭素貯留量の試算

	圃場No.				
	16	18	25	30	37
(土壤炭素変化)					
回帰式の傾き（強熱減量%/年）（※1）	0.470	-0.165	0.305	0.400	0.525
全炭素含量%/強熱減量%（※2）	0.447				
全炭素含量の変化率（全炭素含量%/年）	0.210	-0.074	0.136	0.179	0.235
(面積あたりの土壤量)					
容積重 (g/cm ³)（※3）	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0
土壤量(kg/10 a)（※4）	165000	165000	165000	165000	150000
(炭素貯留)					
炭素貯留量(kgC/年/10 a)	347	-122	225	295	352

※1 図2-2～2-6より引用

※2 第1部の図〇〇より引用

※3 No.30圃場はデータがないため、暫定的に1.1を用いた（付表2-11）

※4 本学では作土15 cmで採取されているため作土の深さを15 cmとした

表2-2 堆肥を施用した場合の
年間炭素貯留増加量【普通畑】
(畑に1.5t/10 a施用した場合)

土壌種	炭素増加量 (kgC/年/10 a)
黒ボク土	40
褐色森林土	60
黄色土	70
灰色低地土	170

※農林水産省（2012）より引用・加工

表2-3 2014年強熱減量（降順）と6年間で有意に回帰された圃場の変化率

圃場 No.	強熱減量 (%)	順位	強熱減量の変化率 (%/年)
27	19.5	1	-
39	19.1	2	-
24	16.9	3	-
35	15.3	4	-
7	15.1	5	-
3	14.7	6	-
9	13.9	7	-
26	13.9	7	-
38	13.8	9	-
6	13.7	10	-
33	13.6	11	-
28	13.1	12	-
25	13.0	13	0.305
5	12.9	14	-
19	12.4	15	-
30	12.3	16	0.400
18	11.7	17	-0.165
40	11.2	18	-
36	10.9	19	-
20	10.7	20	-
8	10.5	21	-
10	10.3	22	-
29	10.3	22	-
13	10.2	24	-
37	9.8	25	0.525
34	9.7	26	-
17	9.6	27	-
31	9.6	27	-
14	9.3	29	-
32	9.2	30	-
15	8.8	31	-
16	8.4	32	0.470
12	8.2	33	-
11	7.8	34	-

第 3 章 総合考察

本章では，土壤有機物含量の空間分布・時間変動の把握についての応用と展望について考察する。まず，土壤有機物含量の空間分布把握についての概念図を図 3-1 に示す。空間分布の把握は基本的に現地での土壤断面調査とその土壤を採取し，実験室で精密な分析を行うことで把握（以下「従来法」と略す）できるものと思われる。すなわち，従来法の利点は「正確で，より詳細なデータ・情報を得ることができ，土壤採取深の自由度が高いなど」といったことが挙げられる。一方，「地点数・分析点数を多くできず，現地調査・分析を行うには時期・分析機器・コストなどに依存し，また，土壤断面の判断は熟練さを要する」などといった欠点がある。これに対して，本研究で実施した簡易法は，「正確さがやや劣り，結果が定性的になる場合があり，土壤採取深が限定される」といった欠点はあるものの，従来法の欠点を克服しており，「採取時期にそれほど依存せず，採取・分析点数を多くでき，少量の土さえあればいつでもでき，高価な試薬・分析機器を用いず，少々土の知識があれば実施できる」といった利点があると思われた。つまり，簡易分析も一定程度の魅力・有効性がある。本研究では第 1 章で述べた通り，マッフル炉を用いた強熱減量（簡易法）と NC アナライザーを用いた全炭素含量（従来法）には良い対応関係が認められ（図 1-9），さらに簡易法の活性アルミニウムと強熱減量の結果を組み合わせることで空間分布の把握が可能であった（図 1-6）。今後はこのような簡易法が他の圃場，条件下でも有効であるかを検証することが課題である。また，上記の通り，簡易法は従来法の精度には及ばないことから昨今注目されているセンシング技術などその時の最先端テク

ノロジーと併用することで精度・利便性などが向上するであろう。そのため、今後の技術開発などやそれらの応用などに期待したいところである。

次に、土壌有機物含量の時間変動についての概念図を図 3-2 に示す。土壌炭素貯留を把握する方法は①その地点における炭素の流れや収支から把握する系と②その地点の土壌炭素のみを直接測定し把握する系が考えられる。これらのいずれかの系で、農地の土壌炭素貯留を把握できた場合、営農による CO₂ 削減（温暖化緩和）に寄与する環境負荷の低い持続可能な農業が行われている印象を購入者の多くに与える。また、これは昨今話題の SDGs（Sustainable-Development-Goals）（外務省，作成日不明）2「飢餓をゼロに」、13「気候変動に具体的な対策を」、15「陸の豊かさを守ろう」）に合致する。つまり、農畜産物のアピール・高付加価値化に貢献するであろう。本研究で用いた簡易法は様々な人が行いやすいため、今後多くの事例・場面で適用されることが期待できる。なお、地球温暖化緩和を前提にするのであれば、炭素のみではなく、他の温室効果ガス（例：一酸化二窒素 [N₂O]、メタン [CH₄] など）の排出・吸収量も把握し、地球温暖化係数を考慮した CO₂ 換算量で総合的に評価する必要があるだろう。このようなことも簡易的に把握することができれば今後温暖化を総合的に議論する際に大変便利であるため期待したい。

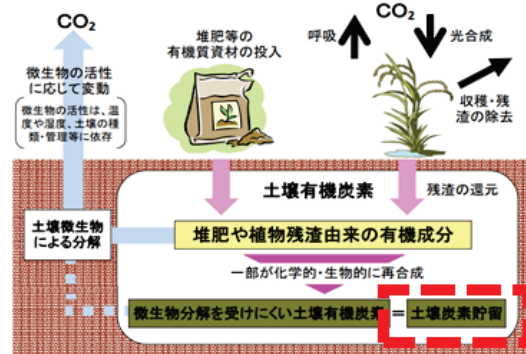
総合考察(第1章)空間分布の把握



図3-1 空間分布の把握に関する概念図

総合考察(第2章) 時間変動と炭素貯留

【① 農地・草地土壌の炭素収支モデル】
土壌炭素貯留など局所的・精密に把握する系



or

【② 簡易土壌分析】
土壌炭素貯留のみを広域的・ざっくり把握する系

総括: 簡易分析はハードルが低く、様々な人が行いやすいため
多くの事例・場面で適用できるのでは?

いずれか①・②の実験系で
土壌炭素貯留を
明らかにできた場合

CO₂削減に寄与
(≒環境負荷の低い持続可能な
農業が行われている印象)



農畜産物のアピール・
高付加価値化

出典1: 農水省HP 食料・農業・農村政策審議会企画部会地球環境小委員会 林政審議会施策部会地球環境小委員会 水産政策審議会企画部会地球環境小委員会合同会議 配布資料一覧 (第13回)

https://www.maff.go.jp/council/seisaku/kikaku/goudou/13/pdf/data3_3.pdfより引用・改変

出典2: 外務省HP SDGsとは? 持続可能な開発目標SDGs エス・ディー・ジーズとはパンフレット

https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/sdgs/pdf/SDGs_pamphlet.pdfより引用・改変

図3-2 時間変動の把握に関する概念図

研究全体の要約

土壌有機物は作物生産・地球環境にとって重要であり，土壌中の土壌有機物含量を知ることは重要である。そのため，酪農学園内の圃場全ての作土を強熱減量や活性アルミニウムを簡易的に分析し，土壌有機物含量の空間分布・時間変動を把握することとした。

空間分布では活性アルミニウムとの関係から文京台の土壌は多様な種類の土壌であることが再確認された。また，文京台の土壌有機物含量は土壌生成（母材・地形），飼料生産圃場としての土地利用，および圃場管理（有機物の投入，長期不耕起）の自然・人為的要因の組み合わせによって高められていると考えられた。

時間変動では，文京台の飼料生産圃場（酪農生産ステーション）における 2014～2020 年の土壌強熱減量の経年的変化から検討した。一部圃場について有意な経年的変化が認められたため，土壌炭素貯留／消耗が生じていると推定された。しかしながら，その圃場で認められた理由を明確に説明することは困難であった。時間的変動や土壌炭素貯留については数年ではなく，長期間にわたり圃場管理などのその他因子を含め，慎重に検討しなければならないと考えられた。

このような簡易法を多くの圃場で活用して土壌炭素貯留を確認できれば，その農畜産物を温暖化緩和と持続可能な社会の構築に貢献する高付加価値なものとしてアピールすることに役立つだろう。

Abstract

Soil organic matter (SOM) are fundamental to crop production and

environmental quality, therefore the information of SOM content are very important. The objective of this study is to understand the spatial and temporal variation of SOM content in Rakuno Gakuen fields, by a simplified analysis of the ignition loss (IL) and the active aluminum (Al) of the topsoil.

Regarding the spatial variation, it was reconfirmed by the relationship between IL and Al that a variety of soil types are found in Bunkyodai area. The results indicate that the SOM content in Bunkyodai area is enhanced by the combination of 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).

Regarding the temporal variation, the annual variations of IL in the topsoil in the forage crop production fields from 2014 to 2020 were discussed. Statistical significant change in IL were observed at several fields, indicating soil carbon sequestration had been occurring during the years. However, no explicit reason for the soil carbon sequestration for at these fields was not revealed. A mature examination, including long-term experiments, considering the field managements and other factors, is required for the evaluation of the temporal variation and the soil carbon sequestration.

Confirming soil carbon sequestration by using such simplified methods for many fields may help us appeal the agricultural and livestock products as high value-added ones contributing mitigation of global warming and building of a sustainable society.

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（特に農業現場視点のきめ細かいこと）を賜った。小八重善裕准教授からは本研究の助言に留まらず、様々な場面で日ごろより（余市の野外巡検から何かと）お世話になった。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。最後に本研究室の澤本卓治教授にはこの紙面にかけないほどのご指導を受けました。ここに記して感謝いたします。

引用文献

1) 研究全体の背景と目的

独立行政法人農業環境技術研究所 2010. 土壌呼吸：土から発生する二酸化炭素（常陽新聞連載「ふしぎを追って」）（2010年3月）（閲覧日 2022年01月07日）

<http://www.naro.affrc.go.jp/archive/niaes/magazine/119/mgzn11908.html>

石田清二・小金昇平・澤本卓治 2021. 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. 酪農学園大学紀要 自然科学編, 46(1), 21-31.

小八重 善裕・飛谷 淳一 2021. 酪農学園大学文京台キャンパスにおける畑地栽培管理：省耕起の意義. 酪農学園大学紀要 自然科学編, 46(1), 33-40.

- 小林 達治 1986. 根の活力と根圏微生物, p.81-82. 農山漁村文化協会, 東京.
- 久馬一剛編 1997. 最新土壌学, p.43. 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.
- 日本土壌肥料学会編 2015. 世界の土・日本の土は今 地球環境・異常気象・食料問題を土からみると, p.47-48 農山漁村文化協会, 東京.
- 坂本一憲 1998. 微生物バイオマスと土壌窒素肥沃度. 土と微生物, 51, 35-47
- 土の百科事典編集委員会編 2014. 土の百科事典, p.448 丸善出版, 東京.
- 2) 第1章
- 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.
- 日本土壌肥料学会編 1983. 火山灰土—生成・性質・分類—, p. 59. 博友社, 東京.
- 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.
- 西尾道德・古在富樹・奥 一郎・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.

3) 第2章

北海道建設新聞社 2021. 三笠市が石炭採掘跡へのCO₂固定事業で調査に着手 (2021年8月) (閲覧日 2021年12月16日)

<https://e-kensin.net/news/139520.html>

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 2020. 第3回 グリーンイノベーション戦略推進会議ワーキンググループ 資料3 技術開発(農林水産業・吸収源)に関する説明 資料3-1 NARO (2020年9月) (閲覧日: 2021年12月16日)

https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/green_innovation/pdf/003_03_01.pdf

日本バイオ炭普及会 (作成日不明) (閲覧日 2021年12月17日)

<https://biochar.jp/whatisbiochar/>

農林水産省 2012. 食料・農業・農村政策審議会企画部会地球環境小委員会 林政審議会施策部会地球環境小委員会 水産政策審議会企画部会地球環境小委員会 合同会議 > 配付資料一覧(第13回) 資料3-3 農林水産分野における温暖化対策「農地による炭素貯留について」(2012年2月) (閲覧日: 2021年12月16日)

<https://www.maff.go.jp/j/council/seisaku/kikaku/goudou/13/pdf/data>

[3_3.pdf](#)

Song, L., Yoshihira, T., & Sato, C. (2019). Grain yield responses to planting density in twin and narrow row cultivation of early cultivars in maize *Grassland Science*, 66(3), 183-193.

Song, L., Yoshihira, T., & Sato, C. (2020). Differences in grain yield responses to planting density in twin and narrow row cultivation between early and late maize cultivars. *Grassland Science*, 67(3), 185-197.

4) 第3章

外務省 作成日不明. JAPAN SDGs Action Platform >SDGs とは？>持続可能な開発目標 S D G s とは>パンフレット：持続可能な開発目標（SDGs）と日本の取組（PDF）（閲覧日：2022年2月22日）
https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/sdgs/pdf/SDGs_pamphlet.pdf

付表1-1 圃場情報と結果一覧（データの出典元：酪農学園大学土壌環境学研究室2020年度小金氏卒業論文）

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 色相/明度/彩度	名称	強熱 減量 (%)	標準 偏差 (%)	変動 係数 (%)	活性アルミニウムテスト			
		北緯	東経	標高 (m)								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	0.47	1.8	0	0	0	0	
2-2	2.3	43.11093	141.48762	2		10YR/1.7/1	黒色	32.7	0.35	1.1	0	0	0	0	
2-3	2.3	43.11063	141.48854	2		10YR/1.7/1	黒色	32.1	0.78	2.4	0	0	1	1	
2-4	2.4	43.11045	141.48964	2		10YR/1.7/1	黒色	32.5	0.34	1.0	0	1	0	1	
2-5	2.5	43.11004	141.49058	2		10YR/2/1	黒色	28.9	0.48	1.7	0	0	0	0	
2-7	1.3	43.11265	141.48798	2		10YR/2/2	黒褐色	15.7	0.10	0.6	0	0	0	0	
2-8	2.2	43.11221	141.49006	2		10YR/2/2	黒褐色	24.1	0.36	1.5	0	0	0	0	
2-9	2.4	43.11222	141.49179	2		10YR/1.7/1	黒色	23.8	0.42	1.8	0	0	0	0	
2-10	1.5	43.11196	141.49282	2		10YR/2/1	黒色	39.0	0.53	1.4	0	0	0	0	
3-2	5.5	43.10862	141.49665	3		10YR/2/2	黒褐色	21.2	0.02	0.1	0	0	0	0	
3-4	5.7	43.11087	141.49692	2		10YR/1.7/1	黒色	24.5	0.63	2.6	0	0	1	1	
3-5	5.6	43.11184	141.49723	2		10YR/2/1	黒色	25.9	0.08	0.3	0	1	0	1	
4-1	7.6	43.10625	141.49294	2		7.5YR/1.7/1	黒色	30.5	0.00	0.0	0	0	0	0	
4-2	2.9	43.10449	141.49193	3		10YR/1.7/1	黒色	30.4	0.28	0.9	0	0	0	0	
4-4	5.7	43.10549	141.49566	4		10YR/1.7/1	黒色	28.0	0.79	2.8	0	1	0	1	
4-5	1.1	43.10397	141.49425	3		7.5YR/2/1	黒色	29.5	0.26	0.9	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	0.08	0.7	4	5	5	14	
No.5	1.0	43.07430	141.50524	41	○	10YR/2/2	黒褐色	13.1	0.05	0.4	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	0.09	0.8	5	5	5	15	
No.7	1.9	43.07506	141.50761	42		2.5Y/3/2	黒褐色	12.5	0.09	0.7	4	4	6	14	

付表1-1 圃場情報と結果一覧（データの出典元：酪農学園大学土壌環境学研究室2020年度小金氏卒業論文）

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 (%)	標準 偏差 (%)	変動 係数 (%)	活性アルミニウムテスト			
		北緯	東経	標高 (m)			名称	色相/明度/彩度				石田	小金	澤本	合計
No.8	1.4	43.07565	141.50839	42		○	10YR/3/2	黒褐色	15.6	0.18	1.2	1	1	2	4
No.9	2.0	43.07604	141.50900	42		○	10YR/2/2	黒褐色	17.0	0.10	0.6	3	4	4	11
No.10	1.6	43.06948	141.50350	53		○	10YR/3/2	黒褐色	13.0	0.08	0.6	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	0.16	1.4	7	6	6	19
No.12	1.7	43.06984	141.50490	56		○	10YR/4/2	灰黄褐色	10.8	0.10	0.9	4	4	5	13
No.13	1.6	43.06997	141.50561	55		○	10YR/3/3	暗褐色	14.4	0.08	0.6	5	6	6	17
No.14	1.8	43.07000	141.50645	58		○	10YR/3/3	暗褐色	13.6	0.15	1.1	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	0.09	0.8	4	4	5	13
No.16	0.8	43.06752	141.50303	54		○	10YR/2/3	黒褐色	11.3	0.08	0.7	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	0.09	1.0	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	0.10	0.9	5	6	6	17
No.19	2.0	43.06737	141.50562	61			10YR/3/3	暗褐色	11.7	0.19	1.6	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	0.11	1.0	5	6	6	17
No.22	1.5	43.07759	141.50968	42		○	10YR/2/2	黒褐色	23.6	0.04	0.2	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	0.07	0.5	2	2	1	5
No.24	0.9	43.07856	141.51132	38		○	7.5YR/2/1	黒色	20.8	0.10	0.5	6	7	8	21
No.25	2.0	43.07855	141.51430	40			10YR/3/1	黒褐色	13.3	0.15	1.1	3	2	4	9
No.26	1.9	43.07906	141.51366	38			10YR/3/1	黒褐色	14.9	0.13	0.9	3	2	2	7
No.27	1.2	43.07944	141.51312	38			10YR/2/1	黒色	18.8	0.15	0.8	7	5	6	18
No.28	1.9	43.08013	141.51523	37		○	2.5Y/3/2	黒褐色	13.1	0.12	0.9	3	2	3	8
No.29	1.4	43.08061	141.51596	36		○	10YR/3/2	黒褐色	16.4	0.09	0.5	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	0.05	0.4	2	2	2	6
No.32	2.2	43.07889	141.51703	45			10YR/3/2	黒褐色	12.0	0.06	0.5	4	3	4	11
No.33	0.4	43.07901	141.51906	47		○	10YR/3/2	黒褐色	15.2	0.07	0.5	0	1	0	1

付表1-1 圃場情報と結果一覧（データの出典元：酪農学園大学土壌環境学研究室2020年度小金氏卒業論文）

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 (%)	標準 偏差 (%)	変動 係数 (%)	活性アルミニウムテスト			
		北緯	東経	標高 (m)			名称	色相/明度/彩度				石田	小金	澤本	合計
No.34	1.8	43.08053	141.51871	39		○	2.5Y/3/3	暗オリーブ褐色	12.3	0.12	1.0	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	0.05	0.3	5	7	7	19
No.36	1.8	43.08124	141.51666	35		○	10YR/3/2	黒褐色	15.0	0.09	0.6	3	3	3	9
No.37	1.5	43.08162	141.51703	34		○	10YR/3/2	黒褐色	13.9	0.15	1.1	4	4	4	12
No.38	0.7	43.08185	141.51868	34		○	10YR/3/2	黒褐色	19.0	0.11	0.6	0	1	0	1
No.39	0.7	43.07396	141.51509	56		○	10YR/1.7/1	黒色	17.1	0.15	0.9	8	7	8	23
No.40	2.0	43.07996	141.52593	37	○		10YR/3/2	黒褐色	9.6	0.07	0.7	5	7	6	18
FA04	0.175	43.07356	141.50692	44			2.5Y/3/2	黒褐色	11.4	0.13	1.1	4	5	5	14
FA05	0.051	43.07296	141.50629	45			7.5YR/3/2	黒褐色	9.1	0.24	2.6	3	2	3	8
FA06	0.048	43.07290	141.50620	45			10YR/3/2	黒褐色	10.1	0.09	0.9	3	2	3	8
FA07	0.041	43.07336	141.50558	43			10YR/2/2	黒褐色	9.9	0.12	1.2	2	0	2	4
FB01	0.022	43.07260	141.50588	49			10YR/3/3	暗褐色	9.7	0.07	0.7	4	3	3	10
FB02	0.022	43.07248	141.50570	45			10YR/3/2	黒褐色	10.9	0.08	0.7	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	0.03	0.3	4	3	4	11
FB05	0.022	43.07210	141.50513	44			10YR/2/3	黒褐色	12.6	0.11	0.9	4	3	4	11
FB13	0.006	43.07246	141.50605	46	○		10YR/2/2	黒褐色	10.0	0.48	4.8	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	0.06	0.8	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	0.10	1.2	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	0.09	1.1	3	2	2	7
FB17	0.006	43.07220	141.50569	45	○		7.5YR/2/1	黒色	9.0	0.20	2.2	7	9	9	25
FB18	0.010	43.07214	141.50557	45			10YR/3/2	黒褐色	8.9	0.01	0.1	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	0.09	1.2	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	0.06	0.7	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	0.07	0.8	3	2	2	7

付表1-1 圃場情報と結果一覧（データの出典元：酪農学園大学土壌環境学研究室2020年度小金氏卒業論文）

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 (%)	標準 偏差 (%)	変動 係数 (%)	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
FB22	0.027	43.07216	141.50523	45			7.5YR/3/2	黒褐色	12.1	0.11	0.9	3	3	3	9
FB23	0.020	43.07306	141.50494	43	○		5YR/1.7/1	黒色	6.6	0.01	0.2	9	9	9	27
FB24	0.020	43.07307	141.50473	43	○		7.5YR/1.7/1	黒色	7.2	0.06	0.8	9	9	9	27
FB25	0.006	43.07208	141.50548	45			10YR/3/3	暗褐色	9.5	0.09	0.9	3	2	3	8
FB26	0.008	43.07202	141.50538	45			10YR/2/3	黒褐色	11.1	0.05	0.5	3	2	3	8
FB27	0.006	43.07196	141.50530	45			10YR/2/2	黒褐色	10.8	0.00	0.0	5	4	5	14
FC01	0.022	43.07179	141.50478	44			10YR/2/2	黒褐色	15.5	0.40	2.6	0	0	0	0
FC02	0.022	43.07170	141.50465	44			5YR/2/1	黒褐色	13.1	0.15	1.1	1	1	1	3
FC05	0.022	43.07204	141.50446	43	○		10YR/2/1	黒色	16.3	0.20	1.2	2	1	2	5
FC06	0.022	43.07195	141.50433	43	○		10YR/3/1	黒褐色	14.9	0.23	1.5	0	1	0	1
FC07	0.077	43.07181	141.50408	44	○		10YR/3/2	黒褐色	10.0	0.08	0.8	4	2	3	9
FC08	0.077	43.07225	141.50403	42	○		10YR/3/1	黒褐色	8.1	0.08	1.0	8	9	9	26
FC09	0.077	43.07206	141.50376	43	○		10YR/2/2	黒褐色	8.3	0.06	0.7	8	7	8	23
FD01	0.139	43.07288	141.50331	40			10YR/2/2	黒褐色	11.1	0.07	0.6	4	5	6	15
FD02	0.139	43.07277	141.50311	40			10YR/2/2	黒褐色	10.8	0.11	1.0	4	5	6	15
FD03	0.139	43.07264	141.50295	40			10YR/2/3	黒褐色	11.2	0.09	0.8	4	3	4	11
FE01	0.010	43.06980	141.50787	59			10YR/2/2	黒褐色	13.4	0.10	0.7	6	7	7	20
FE02	0.010	43.07006	141.50787	59	○		10YR/3/2	黒褐色	13.3	0.27	2.0	9	9	9	27
FE09	0.011	43.06981	141.50801	59			10YR/3/2	黒褐色	14.3	0.06	0.4	9	9	9	27
FE10	0.015	43.07008	141.50797	59	○		10YR/2/2	黒褐色	11.2	0.02	0.2	9	9	9	27
FE11	0.028	43.07075	141.50771	58			10YR/3/3	暗褐色	9.9	0.11	1.1	4	5	6	15
FE12	0.062	43.06984	141.50756	59	○		7.5YR/3/2	黒褐色	8.6	0.06	0.7	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	0.18	1.8	3	3	4	10
FF01	0.104	43.06776	141.50784	59			10YR/3/2	黒褐色	9.8	0.09	0.9	4	5	5	14

付表1-1 圃場情報と結果一覧（データの出典元：酪農学園大学土壌環境学研究室2020年度小金氏卒業論文）

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 色相/明度/彩度	名称	強熱 減量 (%)	標準 偏差 (%)	変動 係数 (%)	活性アルミニウムテスト			
		北緯	東経	標高 (m)								石田	小金	澤本	合計
FF02	0.098	43.06774	141.50758	60		10YR/3/2	黒褐色	12.4	0.26	2.1	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	0.08	0.6	7	7	8	22	
FF04	0.098	43.06831	141.50749	60		10YR/2/2	黒褐色	16.4	0.19	1.2	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つた圃場（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0～5 cmと浅かつた圃場（文京台のみ）

付表2-1 強熱減量データ（反復1）

ステーション	実施順	採取年度	圃場No.	試料No.	るつぼNo.	るつぼ(g)	るつぼ+風乾土(g)	るつぼ+乾土(g)	るつぼ+強熱土(g)	強熱減量(%)
酪農	1	2020	24	816	H25	20.49	30.66	30.10	28.40	17.7
酪農	2	2018	29	667	H46	21.87	32.05	31.57	30.26	13.5
酪農	3	2016	24	363	H16	21.60	31.90	31.24	29.55	17.5
酪農	4	2018	8	647	H64	19.85	29.91	29.43	28.16	13.3
酪農	5	2018	31	669	H44	20.56	30.69	30.31	29.27	10.7
酪農	6	2016	13	352	H52	21.61	31.66	31.27	30.28	10.2
酪農	7	2016	9	348	H17	20.03	30.94	30.40	29.01	13.4
酪農	8	2016	26	365	H13	23.38	34.29	33.76	32.15	15.5
酪農	9	2014	29	23	H61	20.69	31.02	30.65	29.61	10.4
酪農	10	2018	9	648	H88	22.29	32.44	31.94	30.53	14.6
酪農	11	2018	22	660	H28	19.13	29.13	28.52	26.36	23.0
酪農	12	2014	31	25	H67	19.88	30.02	29.70	28.75	9.7
酪農	13	2018	17	656	H89	18.89	29.00	28.61	27.53	11.1
酪農	14	2020	20	813	H84	20.80	31.51	31.18	30.04	11.0
酪農	15	2016	34	373	H94	23.36	34.03	33.62	32.57	10.2
酪農	16	2014	35	29	H41	21.88	31.98	31.56	30.07	15.4
酪農	17	2014	3	1	CC41	20.10	31.08	30.57	29.04	14.6
酪農	18	2018	37	675	CC51	20.06	30.48	30.05	28.83	12.2
酪農	19	2018	16	655	CC64	20.64	30.56	30.15	29.09	11.1
酪農	20	2020	38	829	CC88	20.17	30.72	30.31	29.03	12.6
酪農	21	2014	30	24	CC1	19.97	30.90	30.48	29.19	12.3
酪農	22	2016	32	371	CC141	19.79	30.25	29.87	28.86	10.0
酪農	23	2014	20	17	CC112	19.79	29.36	29.00	28.01	10.7
酪農	24	2016	31	370	CC145	20.65	30.67	30.25	29.18	11.1
酪農	25	2016	22	361	CC5	20.09	30.35	29.75	28.06	17.5
酪農	26	2016	28	367	CC327	19.85	30.11	29.64	28.47	12.0
酪農	27	2016	20	359	CC253	20.34	30.68	30.21	28.93	13.0
酪農	28	2020	35	826	CC93	20.64	31.45	31.07	29.86	11.6
酪農	29	2020	31	822	CC79	20.06	31.28	30.96	29.87	10.0
酪農	30	2018	12	651	CC92	19.79	30.17	29.74	28.70	10.5
酪農	31	2018	13	652	N69	23.10	33.31	32.84	31.50	13.8
酪農	32	2016	10	349	N62	22.91	33.27	32.86	31.86	10.1
酪農	33	2020	16	809	CC85	19.68	30.49	30.14	29.02	10.7
酪農	34	2018	19	658	CC102	20.27	30.96	30.42	29.22	11.8

付表2-1 強熱減量データ（反復1）

ステーション	実施順	採取年度	圃場No.	試料No.	るつぼNo.	るつぼ(g)	るつぼ+風乾土(g)	るつぼ+乾土(g)	るつぼ+強熱土(g)	強熱減量(%)
酪農	35	2018	34	672	CC186	20.73	30.61	30.21	29.11	11.6
酪農	36	2020	23	815	CC27	20.01	31.31	30.93	29.72	11.1
酪農	37	2018	3	643	CC158	20.80	31.20	30.69	29.45	12.5
酪農	38	2016	33	372	CC25	20.57	30.73	30.29	28.96	13.7
酪農	39	2016	18	357	CC169	19.58	30.25	29.78	28.61	11.5
酪農	40	2014	12	9	CC331	20.50	31.08	30.74	29.92	8.0
酪農	41	2018	26	664	CC227	20.10	30.43	29.92	28.44	15.1
酪農	42	2018	18	657	CC179	21.36	32.31	31.83	30.66	11.2
酪農	43	2020	37	828	CC334	19.67	31.42	30.96	29.47	13.2
酪農	44	2020	3	797	CC306	19.75	31.12	30.68	29.29	12.7
酪農	45	2014	25	19	CC174	19.90	30.31	29.91	28.60	13.1
酪農	46	2014	28	22	CC198	20.65	30.94	30.42	29.16	12.9
酪農	47	2014	26	20	CC254	20.00	30.21	29.78	28.42	13.9
酪農	48	2018	11	650	CC262	19.90	30.28	29.81	28.69	11.3
酪農	49	2018	36	674	H39	20.57	31.50	30.95	29.48	14.2
酪農	50	2020	29	821	H7	20.97	31.49	31.12	29.87	12.3
酪農	51	2020	7	800	H34	20.32	30.95	30.59	29.44	11.2
酪農	52	2014	39	33	H42	18.34	29.67	29.03	26.97	19.3
酪農	53	2016	40	379	H40	21.87	32.03	31.51	30.15	14.1
酪農	54	2018	39	677	H19	22.11	32.13	31.50	29.67	19.5
酪農	55	2020	11	804	H47	20.46	31.24	30.87	29.86	9.7
酪農	56	2016	5	344	H2	21.47	32.50	31.90	30.51	13.3
酪農	57	2018	6	645	H10	20.05	30.37	29.84	28.42	14.5
酪農	58	2020	17	810	H55	22.94	34.29	33.96	33.01	8.6
酪農	59	2016	39	378	H35	20.53	31.23	30.52	28.54	19.8
酪農	60	2014	10	7	H50	19.31	29.86	29.47	28.42	10.3
酪農	61	2016	17	356	H91	19.54	30.25	29.82	28.68	11.1
酪農	62	2014	40	34	H15	20.91	31.68	31.23	30.08	11.1
酪農	63	2014	36	30	H1	21.56	32.17	31.76	30.63	11.1
酪農	64	2014	24	18	H5	19.59	30.14	29.48	27.80	17.0
酪農	65	2014	9	6	N98	21.35	31.96	31.41	30.03	13.7
酪農	66	2016	3	343	H86	19.48	29.69	29.17	28.05	11.6
酪農	67	2014	5	2	H14	21.15	31.82	31.28	29.97	12.9
酪農	68	2016	14	353	H70	20.74	30.90	30.48	29.51	10.0

付表2-1 強熱減量データ（反復1）

ステーション	実施順	採取年度	圃場 No.	試料 No.	るつぼ No.	るつぼ (g)	るつぼ+ 風乾土 (g)	るつぼ+ 乾土 (g)	るつぼ+ 強熱土 (g)	強熱 減量 (%)
酪農	69	2016	23	362	H62	19.24	29.64	29.23	28.14	10.9
酪農	70	2020	18	811	H81	20.12	32.33	31.78	30.55	10.5
酪農	71	2018	25	663	H24	20.69	31.29	30.80	29.35	14.3
酪農	72	2020	40	831	H83	20.01	31.15	30.74	29.76	9.1
酪農	73	2014	27	21	H37	19.95	30.54	29.89	27.95	19.5
酪農	74	2018	10	649	H68	19.03	29.64	29.16	28.00	11.5
酪農	75	2020	10	803	H26	20.48	31.25	30.86	29.78	10.4
酪農	76	2020	22	814	H73	21.01	31.76	31.19	29.30	18.6
酪農	77	2020	15	808	H58	21.18	32.98	32.60	31.52	9.5
酪農	78	2016	36	375	H96	20.78	31.32	30.87	29.66	12.0
酪農	79	2018	7	646	H87	18.95	30.26	29.69	28.24	13.5
酪農	80	2016	19	358	H43	19.60	30.15	29.62	28.35	12.7
酪農	81	2014	38	32	H75	19.18	29.84	29.40	27.98	13.9
酪農	82	2014	8	5	H56	20.42	31.24	30.81	29.73	10.4
酪農	83	2014	16	13	H97	18.60	31.38	30.89	29.84	8.5
酪農	84	2020	34	825	H74	21.50	33.18	32.80	31.66	10.1
酪農	85	2018	5	644	H80	21.12	31.57	30.95	29.40	15.8
酪農	86	2014	18	15	H93	22.42	32.80	32.37	31.21	11.7
酪農	87	2018	24	662	CC340	19.98	30.08	29.36	27.45	20.4
酪農	88	2020	36	827	CC313	19.64	29.99	29.61	28.32	12.9
酪農	89	2014	37	31	CC235	20.01	30.22	29.85	28.88	9.9
酪農	90	2016	30	369	CC354	20.37	31.65	31.18	29.76	13.1
酪農	91	2020	6	799	CC47	20.73	31.95	31.43	30.15	12.0
酪農	92	2020	5	798	CC248	19.87	30.28	29.78	28.52	12.7
酪農	93	2018	15	654	CC357	19.55	30.40	29.94	28.88	10.2
酪農	94	2014	33	27	CC113	20.07	31.26	30.85	29.38	13.6
酪農	95	2018	27	665	CC351	19.54	30.21	29.54	27.61	19.3
酪農	96	2016	27	366	CC348	19.60	30.95	30.21	28.00	20.8
酪農	97	2020	12	805	H33	19.89	30.21	29.89	29.03	8.6
酪農	98	2020	14	807	H60	20.32	30.61	30.24	29.06	11.9
酪農	99	2020	32	823	H8	20.27	31.49	31.16	30.23	8.5
酪農	100	2018	35	673	H4	19.67	29.91	29.41	28.00	14.5
酪農	101	2018	14	653	H71	20.10	30.70	30.25	29.01	12.2
酪農	102	2016	37	376	H29	22.31	32.34	31.87	30.78	11.4

付表2-1 強熱減量データ（反復1）

ステーション	実施順	採取年度	圃場 No.	試料 No.	るつぼ No.	るつぼ (g)	るつぼ+ 風乾土 (g)	るつぼ+ 乾土 (g)	るつぼ+ 強熱土 (g)	強熱 減量 (%)
酪農	103	2016	38	377	H51	20.16	30.47	29.97	28.62	13.8
酪農	104	2016	6	345	H49	20.00	30.78	30.25	28.98	12.4
酪農	105	2016	11	350	H27	19.81	30.22	29.80	28.86	9.4
酪農	106	2014	19	16	H57	20.12	30.42	29.97	28.75	12.4
酪農	107	2018	32	670	H48	20.05	30.30	29.89	28.81	11.0
酪農	108	2016	35	374	H21	18.84	29.87	29.37	28.03	12.7
酪農	109	2014	32	26	H12	19.62	29.82	29.50	28.59	9.2
酪農	110	2020		824	H76	22.40	33.18	32.87	31.75	10.7
酪農	111	2018	38	676	H22	19.77	30.16	29.66	28.05	16.3
酪農	112	2020	19	812	H54	21.15	32.73	31.70	30.43	12.0
酪農	113	2014	6	3	N54	23.09	33.09	33.03	31.67	13.7
酪農	114	2016	16	355	N11	23.11	33.42	33.00	32.09	9.2
酪農	115	2014	34	28	N32	22.84	33.40	33.03	32.04	9.7
酪農	116	2018	33	671	N8	23.20	33.31	32.88	31.50	14.3
酪農	117	2018	23	661	N49	23.16	33.32	32.89	31.72	12.0
酪農	118	2020	13	806	N54	23.57	34.25	33.93	31.66	21.9
酪農	119	2020	25	817	N76	25.24	37.06	36.60	34.92	14.8
酪農	120	2016	12	351	N15	23.38	33.82	33.44	32.60	8.3
酪農	121	2014	14	11	N9	22.94	33.30	32.91	31.99	9.2
酪農	122	2014	13	10	N46	22.99	33.25	32.87	31.86	10.2
酪農	123	2018	20	659	N16	23.24	33.74	33.23	31.92	13.1
酪農	124	2016	25	364	N30	22.26	32.64	32.15	30.78	13.9
酪農	125	2014	11	8	N2	23.07	33.56	33.25	32.44	8.0
酪農	126	2020	27	819	N58	23.46	34.19	33.58	31.54	20.2
酪農	127	2014	15	12	N67	23.60	33.87	33.51	32.63	8.9
酪農	128	2018	40	678	N97	22.89	33.46	32.93	31.51	14.1
酪農	129	2016	15	354	H84	20.81	31.02	30.61	29.76	8.7
酪農	130	2016	8	347	H94	23.36	33.64	33.15	32.00	11.7
酪農	131	2020	39	830	H46	21.87	33.04	32.47	30.85	15.3
酪農	132	2020	8	801	H61	20.69	30.91	30.50	29.30	12.2
酪農	133	2018	30	668	H44	20.57	31.10	30.64	29.25	13.8
酪農	134	2016	7	346	H17	20.03	30.63	30.13	28.96	11.6
酪農	135	2014	7	4	H41	21.88	32.26	31.78	30.30	14.9
酪農	136	2016	29	368	H25	20.49	30.59	30.11	28.87	12.9

付表2-1 強熱減量データ（反復1）

ステーション	実施順	採取年度	圃場No.	試料No.	るつぼNo.	るつぼ(g)	るつぼ+風乾土(g)	るつぼ+乾土(g)	るつぼ+強熱土(g)	強熱減量(%)
酪農	137	2020	28	820	H13	23.38	34.10	33.72	32.41	12.7
酪農	138	2020	9	802	H64	19.86	30.76	30.29	28.82	14.1
酪農	139	2014	17	14	H28	19.14	30.52	30.12	29.05	9.7
酪農	140	2020	26	818	H67	19.88	30.40	29.98	28.53	14.4
作物	421	2018	FC06	625	H14	21.15	34.03	33.54	32.23	10.6
作物	422	2020	FE02	869	H68	19.03	33.98	33.17	31.51	11.7
作物	423	2020	FE09	870	H56	20.42	34.18	33.41	31.64	13.6
作物	424	2016	FB21	392	H93	22.42	33.08	32.65	31.58	10.5
作物	425	2016	FA05	380	H83	20.00	30.40	30.03	29.23	8.0
作物	426	2020	FB23	850	H96	20.78	33.67	33.42	32.86	4.4
作物	427	2018	FD02	629	CC47	20.72	32.76	32.24	30.97	11.0
作物	428	2018	FC07	626	CC351	19.54	32.36	31.96	31.03	7.5
作物	429	2016	FE09	398	CC248	19.87	30.72	30.10	28.64	14.3
作物	430	2016	FB16	388	CC354	20.36	30.59	30.22	29.34	8.9
作物	431	2018	FE09	634	CC113	20.07	31.22	30.63	29.15	14.0
作物	432	2020	FB18	845	CC340	19.97	32.45	32.15	31.14	8.3
作物	433	2020	FB17	844	CC357	19.55	34.08	33.81	33.03	5.5
作物	434	2018	FB05	614	CC235	20.00	32.77	32.28	30.75	12.5
作物	435	2020	FD03	867	CC348	19.59	33.79	33.29	31.83	10.7
作物	436	2018	FF01	639	CC313	19.64	31.75	31.29	30.18	9.5
作物	437	2018	FB19	619	H75	19.17	31.68	31.27	30.34	7.7
作物	438	2018	FF03	641	H37	19.95	31.21	30.63	29.31	12.4
作物	439	2018	FB23	623	H86	19.48	32.65	32.27	31.42	6.6
作物	440	2020	FA04	832	H24	20.69	33.47	33.08	31.75	10.7
作物	441	2016	FB01	383	H43	19.60	31.82	31.37	30.01	11.6
作物	442	2020	FE13	874	H80	21.12	33.51	33.15	32.13	8.5
作物	443	2016	FE11	400	H97	18.59	29.12	28.66	27.71	9.4
作物	444	2018	FB15	617	H70	20.74	32.58	32.19	31.26	8.1
作物	445	2020	FC06	859	H26	20.47	33.79	33.17	30.84	18.3
作物	446	2016	FD02	522	H62	19.24	29.34	28.91	27.85	11.0
作物	447	2020	FF03	877	H74	21.50	33.31	32.68	31.28	12.5
作物	448	2016	FE10	399	H81	20.12	30.46	29.86	28.71	11.8
作物	449	2020	FB02	837	H87	18.94	32.47	32.04	30.64	10.7
作物	450	2018	FE13	638	H73	21.00	33.43	32.96	31.92	8.7

付表2-1 強熱減量データ（反復1）

ステーション	実施順	採取年度	圃場No.	試料No.	るつぼNo.	るつぼ(g)	るつぼ+風乾土(g)	るつぼ+乾土(g)	るつぼ+強熱土(g)	強熱減量(%)
作物	451	2020	FC07	860	H58	21.18	34.09	33.75	32.51	9.9
作物	452	2018	FB02	611	N98	21.36	33.52	33.06	31.71	11.5
作物	453	2018	FE12	637	H48	20.05	32.60	32.15	31.12	8.5
作物	454	2016	FE01	396	H51	20.16	31.38	30.88	29.49	13.0
作物	455	2016	FD01	521	H49	20.00	30.23	29.77	28.65	11.5
作物	456	2018	FE02	633	H8	20.27	31.89	31.25	29.79	13.3
作物	457	2016	FA07	382	H71	20.11	30.84	30.46	29.55	8.8
作物	458	2016	FB22	393	H22	19.77	29.88	29.42	28.11	13.6
作物	459	2020	FA06	834	H12	19.62	32.09	31.77	30.61	9.5
作物	460	2020	FC11	864	H54	21.15	34.38	34.07	33.11	7.4
作物	461	2018	FF02	640	H76	22.40	34.91	34.33	32.85	12.4
作物	462	2020	FC08	861	H33	19.89	33.19	32.87	31.89	7.6
作物	463	2020	FC04	857	H4	19.67	33.12	32.82	31.43	10.6
作物	464	2018	FB20	620	H21	18.83	31.79	31.34	30.21	9.0
作物	465	2018	FA04	606	H60	20.32	32.24	31.75	30.37	12.1
作物	466	2016	FF01	403	H29	22.30	32.59	32.19	31.28	9.2
作物	467	2016	FB05	386	H27	19.81	29.98	29.51	27.87	16.9
作物	468	2016	FB04	385	H57	20.12	30.44	29.97	28.33	16.6
作物	469	2016	FB17	389	N32	22.84	33.48	33.08	32.17	8.9
作物	470	2016	FB19	390	N67	23.60	34.21	33.83	33.00	8.1
作物	471	2018	FA05	607	N11	23.11	35.93	35.47	34.41	8.6
作物	472	2016	FB24	395	N9	22.94	33.62	33.31	32.57	7.1
作物	473	2018	FD03	630	N46	22.98	33.27	32.80	31.70	11.2
作物	474	2016	FE13	402	N2	23.07	35.19	34.68	33.74	8.1
作物	475	2018	FB24	624	N76	25.24	36.79	36.46	35.67	7.0
作物	476	2020	FB25	852	N16	23.24	37.48	37.12	36.09	7.4
作物	477	2020	FD01	865	N58	23.45	36.36	35.90	34.54	10.9
作物	478	2020	FB22	849	N15	23.38	35.74	35.36	34.00	11.4
作物	479	2018	FA06	608	N97	22.89	34.06	33.67	32.61	9.8
作物	480	2020	FC01	855	N78	22.96	34.75	34.31	32.68	14.4
作物	481	2016	FB20	391	N30	22.26	32.95	32.56	31.61	9.2
作物	482	2020	FB20	847	N54	23.09	35.34	35.03	34.02	8.5
作物	483	2018	FB22	622	N49	23.16	34.73	34.25	32.78	13.3
作物	484	2018	FB13	616	N8	23.20	35.61	35.21	34.28	7.7

付表2-1 強熱減量データ（反復1）

ステーション	実施順	採取年度	圃場No.	試料No.	るつぼNo.	るつぼ(g)	るつぼ+風乾土(g)	るつぼ+乾土(g)	るつぼ+強熱土(g)	強熱減量(%)
作物	485	2020	FC09	862	CC348	19.59	33.29	32.94	31.93	7.6
作物	486	2018	FB17	618	CC248	19.87	32.45	31.97	30.87	9.1
作物	487	2016	FD03	523	CC357	19.55	29.60	29.17	28.16	10.5
作物	488	2020	FB05	839	CC47	20.73	32.77	32.40	30.82	13.5
作物	489	2020	FF02	876	CC313	19.63	33.20	32.65	31.37	9.8
作物	490	2016	FB23	394	CC354	20.37	30.56	30.23	29.44	8.0
作物	491	2018	FD01	628	CC340	19.98	31.36	30.80	29.51	11.9
作物	492	2020	FB04	838	CC113	20.08	33.86	33.44	32.12	9.9
作物	493	2020	FB16	843	CC351	19.54	34.91	34.49	33.27	8.2
作物	494	2020	FB01	836	CC235	20.01	33.18	32.86	31.70	9.0
作物	495	2016	FE12	401	H83	20.00	31.77	31.32	30.38	8.3
作物	496	2016	FF02	404	H93	22.42	33.97	33.36	32.08	11.7
作物	497	2020	FE11	872	H14	21.15	34.16	33.69	32.56	9.0
作物	498	2016	FB13	387	H68	19.03	29.73	29.37	28.57	7.7
作物	499	2018	FF04	642	H56	20.42	31.31	30.68	28.96	16.8
作物	500	2016	FB02	384	H96	20.78	30.82	30.38	29.13	13.0
作物	501	2020	FA07	835	H86	19.47	34.61	34.19	32.85	9.1
作物	502	2018	FE11	636	H73	21.00	33.86	33.35	32.23	9.1
作物	503	2018	FB04	612	H87	18.94	32.03	31.48	29.99	11.9
作物	504	2018	FC08	627	H24	20.69	32.46	32.06	31.21	7.5
作物	505	2020	FB13	840	H81	20.11	33.92	33.63	32.87	5.6
作物	506	2018	FA07	609	H97	18.59	31.01	30.54	29.38	9.7
作物	507	2020	FD02	866	H26	20.47	34.07	33.56	32.22	10.2
作物	508	2020	FE10	871	H62	19.24	34.14	33.43	32.12	9.2
作物	509	2016	FF03	405	H75	19.17	29.25	28.59	27.24	14.3
作物	510	2020	FB24	851	H74	21.50	35.96	35.66	34.90	5.4
作物	511	2018	FB21	621	H58	21.18	34.72	34.19	32.89	10.0
作物	512	2020	FB15	842	H80	21.13	36.21	36.00	35.57	2.9
作物	513	2020	FB21	848	H43	19.60	32.35	31.99	30.88	9.0
作物	514	2020	FA05	833	H37	19.95	33.08	32.70	31.66	8.2
作物	515	2020	FB27	854	H70	20.74	33.76	33.38	31.99	11.0
作物	516	2020	FE01	868	N98	21.35	34.55	33.78	32.23	12.5
作物	517	2020	FC02	856	H40	21.88	34.86	34.41	32.77	13.1
作物	518	2016	FA06	381	H5	19.59	32.79	32.35	31.32	8.1

付表2-1 強熱減量データ（反復1）

ステーション	実施順	採取年度	圃場 No.	試料 No.	るつぼ No.	るつぼ (g)	るつぼ+ 風乾土 (g)	るつぼ+ 乾土 (g)	るつぼ+ 強熱土 (g)	強熱 減量 (%)
作物	519	2020	FE12	873	H10	20.04	34.20	33.78	32.64	8.3
作物	520	2016	FB15	520	H2	21.47	33.15	32.77	31.82	8.4
作物	521	2020	FB19	846	H7	20.97	35.48	35.11	34.04	7.6
作物	522	2018	FE10	635	H1	21.57	32.83	32.13	30.84	12.2
作物	523	2018	FE01	632	H39	20.57	33.05	32.44	30.83	13.6
作物	524	2018	FD04	631	H35	20.52	34.80	34.16	32.63	11.2
作物	525	2020	FC10	863	H47	20.47	35.00	34.46	33.20	9.0
作物	526	2020	FF01	875	H15	20.91	34.71	34.37	33.50	6.5
作物	527	2020	FC05	858	H42	18.34	33.34	32.80	31.04	12.2
作物	528	2020	FF04	878	H55	22.93	34.33	33.64	32.08	14.6
作物	529	2018	FB01	610	H50	19.31	33.48	32.97	31.54	10.5
作物	530	2016	FE02	397	H91	19.54	32.29	31.50	29.77	14.5
作物	531	2020	FB14	841	H34	20.31	35.75	35.38	34.31	7.1
作物	532	2016	FF04	406	H53	22.85	33.31	32.62	30.95	17.1
作物	533	2020	FB26	853	H19	22.10	35.57	35.21	34.01	9.2

付表2-2 強熱減量データ（反復2）

ステーション	実施順	採取年度	圃場 No.	試料 No.	るつぼ No.	るつぼ (g)	るつぼ+ 風乾土 (g)	るつぼ+ 乾土 (g)	るつぼ+ 強熱土 (g)	強熱 減量 (%)
酪農	141	2020	12	805	H15	20.91	31.69	31.37	30.47	8.6
酪農	142	2018	17	656	H91	19.55	31.20	30.72	29.52	10.7
酪農	143	2016	5	344	H39	20.58	31.35	30.75	29.42	13.1
酪農	144	2016	22	361	H42	18.34	30.51	29.82	27.81	17.5
酪農	145	2018	14	653	H50	19.31	30.04	29.60	28.31	12.5
酪農	146	2016	20	359	H10	20.05	31.35	30.83	29.46	12.7
酪農	147	2018	33	671	H55	22.94	33.41	32.95	31.52	14.3
酪農	148	2020	16	809	H7	20.97	32.29	31.95	30.75	10.9
酪農	149	2016	15	354	H47	20.46	30.98	30.56	29.68	8.7
酪農	150	2020	5	798	H1	21.56	32.30	31.81	30.49	12.9
酪農	151	2014	13	10	H35	20.53	30.86	30.45	29.47	9.9
酪農	152	2014	18	15	H40	21.88	32.70	32.25	31.04	11.7
酪農	153	2020	26	818	H19	22.11	33.71	33.24	31.63	14.5
酪農	154	2014	29	23	H34	20.32	31.39	30.98	29.89	10.2
酪農	155	2018	34	672	H2	21.47	32.20	31.79	30.59	11.6
酪農	156	2018	8	647	H5	19.59	29.69	29.20	27.95	13.0
酪農	157	2016	32	371	CC102	20.27	30.71	30.32	29.31	10.0
酪農	158	2016	24	363	CC25	20.57	30.78	30.12	28.46	17.4
酪農	159	2020	36	827	CC254	20.00	31.60	31.20	29.76	12.9
酪農	160	2020	18	811	CC186	20.73	31.93	31.45	30.29	10.8
酪農	161	2014	28	22	CC27	20.01	30.85	30.32	28.97	13.1
酪農	162	2018	12	651	CC169	19.58	30.19	29.75	28.68	10.5
酪農	163	2016	35	374	CC179	21.36	32.15	31.67	30.32	13.1
酪農	164	2014	32	26	CC306	19.75	30.49	30.16	29.21	9.1
酪農	165	2020	35	826	CC198	20.65	32.38	31.97	30.70	11.2
酪農	166	2018	35	673	CC85	19.68	30.35	29.85	28.36	14.7
酪農	167	2020	24	816	CC262	19.91	31.97	31.28	29.26	17.8
酪農	168	2014	11	8	CC158	20.79	32.23	31.89	31.01	7.9
酪農	169	2018	22	660	CC331	20.49	30.25	29.61	27.53	22.8
酪農	170	2018	37	675	CC174	19.90	30.45	30.03	28.79	12.2
酪農	171	2014	38	32	CC334	19.66	30.28	29.86	28.46	13.7
酪農	172	2016	31	370	CC227	20.11	30.26	29.83	28.76	11.0
酪農	173	2016	27	366	H68	19.04	29.59	28.89	26.86	20.6
酪農	174	2014	15	12	H93	22.43	33.13	32.75	31.84	8.8

付表2-2 強熱減量データ（反復2）

ステーション	実施順	採取年度	圃場 No.	試料 No.	るつぼ No.	るつぼ (g)	るつぼ+ 風乾土 (g)	るつぼ+ 乾土 (g)	るつぼ+ 強熱土 (g)	強熱 減量 (%)
酪農	175	2018	25	663	H56	20.42	30.67	30.20	28.79	14.4
酪農	176	2016	16	355	H97	18.60	30.79	30.30	29.20	9.4
酪農	177	2016	33	372	H74	21.51	31.66	31.21	29.86	13.9
酪農	178	2018	5	644	H75	19.18	29.78	29.17	27.59	15.8
酪農	179	2014	3	1	CC357	19.55	29.80	29.33	27.88	14.8
酪農	180	2016	9	348	CC235	20.00	30.89	30.33	28.93	13.6
酪農	181	2018	27	665	CC340	19.97	30.44	29.77	27.85	19.6
酪農	182	2014	19	16	CC113	20.08	30.64	30.18	28.91	12.6
酪農	183	2018	9	648	CC348	19.60	29.90	29.47	28.00	14.9
酪農	184	2014	12	9	CC354	20.37	30.99	30.67	29.82	8.3
酪農	185	2020	34	825	CC248	19.87	30.23	29.90	28.86	10.4
酪農	186	2016	36	375	CC47	20.73	31.25	30.83	29.59	12.3
酪農	187	2016	23	362	CC313	19.63	30.07	29.68	28.57	11.0
酪農	188	2020	17	810	CC351	19.54	30.58	30.27	29.29	9.1
酪農	189	2016	37	376	H62	19.25	30.14	29.63	28.41	11.8
酪農	190	2018	31	669	H43	19.60	30.31	29.88	28.80	10.5
酪農	191	2018	10	649	H70	20.75	31.38	30.91	29.72	11.7
酪農	192	2018	23	661	H73	21.01	32.11	31.63	30.34	12.1
酪農	193	2014	14	11	H37	19.96	30.65	30.26	29.30	9.3
酪農	194	2014	8	5	H14	21.15	32.26	31.83	30.70	10.6
酪農	195	2018	39	677	H96	20.79	30.85	30.24	28.37	19.8
酪農	196	2020	28	820	H86	19.48	30.79	30.39	29.00	12.7
酪農	197	2020	11	804	H26	20.48	32.31	31.91	30.83	9.4
酪農	198	2014	31	25	H83	20.00	31.06	30.71	29.68	9.6
酪農	199	2018	19	658	H58	21.18	31.83	31.33	30.11	12.0
酪農	200	2014	34	28	H81	20.11	31.00	30.65	29.64	9.6
酪農	201	2020	9	802	H87	18.94	31.17	30.65	29.00	14.1
酪農	202	2020	31	822	H80	21.12	32.93	32.58	31.40	10.3
酪農	203	2014	9	6	H24	20.69	31.30	30.79	29.39	13.9
酪農	204	2016	8	347	N98	21.36	32.24	31.74	30.49	12.0
酪農	205	2018	13	652	N78	22.96	33.96	33.42	31.96	14.0
酪農	206	2016	14	353	N67	23.61	33.86	33.42	32.44	10.0
酪農	207	2020	29	821	N8	23.20	34.84	34.40	33.01	12.4
酪農	208	2014	33	27	N11	23.11	35.11	34.64	33.09	13.4

付表2-2 強熱減量データ（反復2）

ステーション	実施順	採取年度	圃場 No.	試料 No.	るつぼ No.	るつぼ (g)	るつぼ+ 風乾土 (g)	るつぼ+ 乾土 (g)	るつぼ+ 強熱土 (g)	強熱 減量 (%)
酪農	209	2016	11	350	N15	23.38	34.42	33.95	32.97	9.3
酪農	210	2020	38	829	N54	23.09	35.61	35.13	33.60	12.7
酪農	211	2020	15	808	N9	22.94	35.98	35.56	34.34	9.7
酪農	212	2018	3	643	N49	23.17	34.52	33.94	32.60	12.4
酪農	213	2016	10	349	N16	23.25	35.75	35.22	34.04	9.9
酪農	214	2020	19	812	N76	25.25	36.88	35.83	34.56	12.0
酪農	215	2018	11	650	N30	22.27	33.40	32.86	31.66	11.3
酪農	216	2014	5	2	N46	22.99	34.13	33.60	32.23	12.9
酪農	217	2014	26	20	N32	22.84	34.94	34.41	32.82	13.7
酪農	218	2014	6	3	N97	22.89	33.47	32.99	31.62	13.6
酪農	219	2016	38	377	N58	23.45	33.87	33.35	31.99	13.7
酪農	220	2020	3	797	N2	23.07	35.47	34.94	33.46	12.5
酪農	221	2018	38	676	H33	19.90	30.83	30.27	28.58	16.3
酪農	222	2018	18	657	H21	18.83	30.62	30.09	28.83	11.2
酪農	223	2020	10	803	H54	21.15	35.55	35.04	33.58	10.5
酪農	224	2016	7	346	H22	19.77	30.88	30.34	29.13	11.4
酪農	225	2014	17	14	H4	19.67	30.69	30.27	29.27	9.4
酪農	226	2020	7	800	H12	19.62	32.76	32.30	30.86	11.4
酪農	227	2020	32	823	H8	20.26	34.08	33.66	32.48	8.8
酪農	228	2014	36	30	H60	20.32	31.60	31.14	29.96	10.9
酪農	229	2016	25	364	H49	20.00	31.02	30.48	29.05	13.6
酪農	230	2016	12	351	H27	19.81	31.06	30.63	29.74	8.2
酪農	231	2016	19	358	H51	20.16	31.39	30.82	29.46	12.8
酪農	232	2014	24	18	H57	20.13	32.05	31.28	29.39	17.0
酪農	233	2016	6	345	H48	20.05	31.14	30.60	29.27	12.6
酪農	234	2020	27	819	H71	20.10	32.96	32.21	29.80	19.9
酪農	235	2018	16	655	H29	22.30	32.31	31.88	30.81	11.2
酪農	236	2016	40	379	H76	22.40	33.42	32.82	31.37	13.9
酪農	237	2014	10	7	CC5	20.08	31.31	30.88	29.77	10.3
酪農	238	2018	26	664	CC1	19.97	30.64	30.10	28.59	14.9
酪農	239	2020	37	828	CC51	20.06	32.00	31.53	30.04	13.0
酪農	240	2018	24	662	CC64	20.63	31.59	30.79	28.75	20.1
酪農	241	2018	6	645	CC93	20.64	31.18	30.62	29.17	14.5
酪農	242	2020	14	807	CC41	20.09	31.82	31.39	30.04	11.9

付表2-2 強熱減量データ（反復2）

ステーション	実施順	採取年度	圃場No.	試料No.	るつぼNo.	るつぼ(g)	るつぼ+風乾土(g)	るつぼ+乾土(g)	るつぼ+強熱土(g)	強熱減量(%)
酪農	243	2020	25	817	CC253	20.34	32.16	31.69	30.01	14.8
酪農	244	2016	39	378	CC92	19.78	30.21	29.50	27.57	19.9
酪農	245	2016	29	368	CC141	19.79	31.27	30.73	29.27	13.3
酪農	246	2020	8	801	CC327	19.85	32.67	32.15	30.62	12.4
酪農	247	2020	22	814	CC112	19.79	31.24	30.63	28.56	19.1
酪農	248	2014	27	21	CC79	20.06	31.82	31.11	28.94	19.6
酪農	249	2020	20	813	CC145	20.65	32.45	32.06	30.82	10.9
酪農	250	2016		356	CC88	20.16	32.05	31.57	30.32	11.0
酪農	251	2018	40	678	N69	23.10	34.66	34.09	32.50	14.5
酪農	252	2014	16	13	N62	22.91	34.73	34.28	33.35	8.2
酪農	253	2018	15	654	H41	21.88	31.94	31.50	30.54	10.0
酪農	254	2016	3	343	H94	23.36	34.39	33.81	32.64	11.2
酪農	255	2020	39	830	H46	21.86	33.66	33.05	31.37	15.0
酪農	256	2018	32	670	H67	19.88	31.43	30.96	29.72	11.2
酪農	257	2014	30	24	H13	23.38	33.42	33.04	31.86	12.2
酪農	258	2018	29	667	H89	18.89	30.62	30.06	28.56	13.4
酪農	259	2014	35	29	H52	21.61	32.52	32.03	30.43	15.4
酪農	260	2014	39	33	H61	20.68	31.90	31.25	29.23	19.1
酪農	261	2020	33	824	H25	20.49	33.39	33.02	31.70	10.5
酪農	262	2014	37	31	H88	22.28	32.72	32.32	31.37	9.5
酪農	263	2020	13	806	H16	21.60	34.18	33.79	32.56	10.1
酪農	264	2018	20	659	H17	20.03	31.33	30.81	29.37	13.4
酪農	265	2020	6	799	H64	19.85	32.63	32.02	30.58	11.8
酪農	266	2016	13	352	H44	20.56	32.58	32.09	30.95	9.9
酪農	267	2018	7	646	H84	20.81	32.90	32.28	30.75	13.3
酪農	268	2016	28	367	H28	19.13	32.48	31.85	30.32	12.0
酪農	269	2014	20	17	CC64	20.64	31.24	30.85	29.75	10.8
酪農	270	2014	40	34	CC93	20.64	30.98	30.56	29.46	11.1
酪農	271	2018	36	674	CC51	20.06	30.39	29.88	28.49	14.2
酪農	272	2016	34	373	CC41	20.09	30.12	29.73	28.74	10.3
酪農	273	2020	23	815	CC327	19.84	31.84	31.44	30.14	11.2
酪農	274	2014	7	4	CC79	20.06	30.95	30.45	28.88	15.1
酪農	275	2016	18	357	CC5	20.09	30.62	30.17	29.02	11.4
酪農	276	2020	40	831	CC112	19.79	30.63	30.25	29.29	9.2

付表2-2 強熱減量データ（反復2）

ステーション	実施順	採取年度	圃場No.	試料No.	るつぼNo.	るつぼ(g)	るつぼ+風乾土(g)	るつぼ+乾土(g)	るつぼ+強熱土(g)	強熱減量(%)
酪農	277	2016	30	369	CC145	20.65	31.32	30.89	29.54	13.2
酪農	278	2016	26	365	CC253	20.34	31.07	30.54	28.98	15.3
酪農	279	2018	30	668	CC88	20.17	31.07	30.59	29.14	13.9
酪農	280	2014	25	19	CC92	19.78	30.39	30.00	28.67	13.0
作物	534	2018	FF04	642	H47	20.46	31.94	31.23	29.50	16.1
作物	535	2018	FB22	622	H1	21.57	34.30	33.72	32.13	13.1
作物	536	2020	FB15	842	H15	20.92	36.14	35.92	35.49	2.9
作物	537	2016	FB02	384	H5	19.60	29.95	29.47	28.20	12.9
作物	538	2018	FD01	628	H35	20.53	31.55	31.01	29.78	11.7
作物	539	2018	FB19	619	H40	21.88	35.62	35.14	34.12	7.7
作物	540	2018	FB15	617	H19	22.11	35.39	34.92	33.88	8.1
作物	541	2020	FE10	871	H42	18.34	32.23	31.58	30.32	9.5
作物	542	2020	FE09	870	H2	21.48	33.27	32.57	31.11	13.2
作物	543	2018	FA05	607	H53	22.86	36.26	35.76	34.65	8.6
作物	544	2016	FB05	386	H34	20.32	30.32	29.80	28.23	16.6
作物	545	2018	FD02	629	H7	20.97	33.44	32.86	31.55	11.0
作物	546	2018	FB01	610	H50	19.31	31.57	31.12	29.87	10.6
作物	547	2020	FA05	833	H39	20.57	33.97	33.59	32.53	8.1
作物	548	2016	FB23	394	H91	19.55	29.59	29.26	28.44	8.4
作物	549	2020	FD03	867	H55	22.94	36.36	35.86	34.52	10.4
作物	550	2018	FB24	624	CC262	19.90	33.95	33.52	32.51	7.4
作物	551	2018	FE10	635	CC102	20.27	33.73	32.90	31.34	12.4
作物	552	2016	FB19	390	CC85	19.68	33.10	32.60	31.56	8.0
作物	553	2016	FE12	401	CC179	21.36	34.51	33.98	32.94	8.2
作物	554	2016	FA05	380	CC158	20.80	30.87	30.48	29.72	7.9
作物	555	2020	FE01	868	CC174	19.90	33.56	32.74	31.14	12.5
作物	556	2020	FA06	834	CC227	20.11	33.84	33.45	32.20	9.4
作物	557	2020	FB13	840	CC198	20.66	34.25	33.95	33.18	5.8
作物	558	2016	FB13	387	CC331	20.48	31.03	30.67	29.88	7.8
作物	559	2020	FB24	851	CC27	20.01	33.40	33.12	32.42	5.3
作物	560	2020	FB22	849	CC334	19.67	32.76	32.33	30.88	11.5
作物	561	2020	FB19	846	CC186	20.72	33.08	32.77	31.84	7.7
作物	562	2018	FB20	620	CC25	20.57	31.86	31.45	30.49	8.8
作物	563	2016	FF01	403	CC306	19.75	29.92	29.49	28.61	9.0

付表2-2 強熱減量データ（反復2）

ステーション	実施順	採取年度	圃場 No.	試料 No.	るつぼ No.	るつぼ (g)	るつぼ+ 風乾土 (g)	るつぼ+ 乾土 (g)	るつぼ+ 強熱土 (g)	強熱 減量 (%)
作物	564	2016	FB24	395	CC169	19.58	29.58	29.28	28.58	7.2
作物	565	2018	FB23	623	CC254	20.00	32.87	32.52	31.71	6.5
作物	566	2018	FA07	609	H13	23.38	35.15	34.73	33.59	10.0
作物	567	2018	FB05	614	H84	20.81	35.22	34.65	32.91	12.6
作物	568	2018	FE02	633	H61	20.68	33.44	32.74	31.17	13.0
作物	569	2020	FE11	872	H25	20.49	34.33	33.85	32.62	9.2
作物	570	2016	FD01	521	H46	21.86	31.86	31.41	30.32	11.4
作物	571	2020	FB20	847	H16	21.60	34.75	34.42	33.34	8.4
作物	572	2016	FB21	392	H88	22.28	33.00	32.58	31.49	10.6
作物	573	2016	FE01	396	H17	20.02	30.88	30.39	29.05	12.9
作物	574	2020	FF01	875	H52	21.61	35.35	34.86	33.64	9.2
作物	575	2018	FA06	608	H64	19.85	32.14	31.72	30.55	9.9
作物	576	2020	FC02	856	H28	19.13	34.27	33.74	31.73	13.8
作物	577	2018	FF01	639	H89	18.89	30.43	30.00	28.93	9.6
作物	578	2016	FB04	385	H67	19.88	29.88	29.43	27.86	16.4
作物	579	2016	FF03	405	H41	21.88	31.89	31.28	29.92	14.5
作物	580	2018	FB02	611	H94	23.36	35.40	34.95	33.60	11.6
作物	581	2018	FC07	626	H44	20.56	32.98	32.59	31.70	7.4
作物	582	2020	FE02	869	CC112	19.79	31.65	30.99	29.68	11.7
作物	583	2020	FB21	848	CC5	20.08	33.21	32.85	31.71	8.9
作物	584	2016	FB17	389	CC1	19.97	29.97	29.59	28.74	8.8
作物	585	2016	FB22	393	CC64	20.63	30.64	30.19	28.88	13.7
作物	586	2020	FC08	861	CC141	19.79	34.62	34.26	33.17	7.5
作物	587	2018	FE11	636	CC51	20.06	33.36	32.85	31.68	9.1
作物	588	2020	FB23	850	CC41	20.09	34.04	33.77	33.17	4.4
作物	589	2020	FB05	839	CC327	19.85	32.73	32.34	30.67	13.4
作物	590	2020	FD02	866	CC253	20.34	34.37	33.86	32.46	10.4
作物	591	2020	FD01	865	CC145	20.65	34.58	34.09	32.64	10.8
作物	592	2020	FB01	836	CC79	20.05	34.16	33.81	32.56	9.1
作物	593	2020	FE12	873	CC92	19.79	33.39	32.97	31.90	8.1
作物	594	2016	FE10	399	CC88	20.17	30.17	29.60	28.50	11.7
作物	595	2018	FF03	641	CC93	20.64	32.66	32.06	30.64	12.4
作物	596	2020	FC09	862	N68	22.93	37.69	37.34	36.23	7.7
作物	597	2018	FB17	618	N62	22.90	35.80	35.33	34.24	8.8

付表2-2 強熱減量データ（反復2）

ステーション	実施順	採取年度	圃場No.	試料No.	るつぼNo.	るつぼ(g)	るつぼ+風乾土(g)	るつぼ+乾土(g)	るつぼ+強熱土(g)	強熱減量(%)
作物	598	2020	FF04	878	N58	23.46	36.33	35.54	33.72	15.1
作物	599	2020	FA07	835	N78	22.96	37.76	37.37	36.02	9.4
作物	600	2016	FE11	400	N32	22.84	32.88	32.46	31.54	9.6
作物	601	2020	FA04	832	N9	22.94	35.85	35.45	34.09	10.9
作物	602	2018	FF02	640	N46	22.98	34.41	33.87	32.53	12.3
作物	603	2016	FF04	406	N16	23.24	33.37	32.71	31.05	17.5
作物	604	2016	FE09	398	N67	23.60	34.18	33.56	32.12	14.5
作物	605	2018	FC06	625	N15	23.37	37.21	36.67	35.26	10.6
作物	606	2020	FC11	864	N11	23.11	36.88	36.56	35.60	7.1
作物	607	2018	FD04	631	N54	23.08	36.61	35.99	34.51	11.5
作物	608	2018	FE12	637	N2	23.07	37.11	36.58	35.45	8.4
作物	609	2020	FB02	837	N76	25.23	38.83	38.39	36.99	10.6
作物	610	2020	FE13	874	N8	23.20	36.30	35.91	34.83	8.5
作物	611	2016	FA07	382	N30	22.26	32.28	31.92	31.10	8.5
作物	612	2016	FB20	391	N49	23.16	33.78	33.39	32.45	9.2
作物	613	2018	FB13	616	N97	22.89	35.16	34.76	33.84	7.8
作物	614	2020	FC05	858	H54	21.15	34.41	33.92	32.26	13.0
作物	615	2018	FE13	638	H8	20.27	33.09	32.58	31.50	8.8
作物	616	2020	FC04	857	H48	20.05	33.84	33.51	32.05	10.8
作物	617	2020	FB04	838	H4	19.67	33.28	32.86	31.52	10.2
作物	618	2016	FD02	522	H71	20.10	31.27	30.78	29.57	11.3
作物	619	2020	FB25	852	H49	20.00	34.64	34.28	33.25	7.2
作物	620	2018	FB04	612	H51	20.15	32.57	32.08	30.66	11.9
作物	621	2020	FB27	854	H21	18.82	32.72	32.33	30.84	11.0
作物	622	2016	FA06	381	H60	20.32	30.35	30.04	29.24	8.2
作物	623	2020	FB16	843	H22	19.76	32.65	32.31	31.29	8.1
作物	624	2016	FF02	404	H76	22.40	33.14	32.56	31.36	11.8
作物	625	2020	FB26	853	H27	19.82	35.22	34.80	33.41	9.3
作物	626	2020	FC10	863	H12	19.62	33.69	33.37	32.51	6.3
作物	627	2020	FF03	877	H57	20.12	34.01	33.26	31.60	12.6
作物	628	2020	FC06	859	H29	22.30	35.08	34.44	31.99	20.2
作物	629	2016	FB15	520	H33	19.89	31.24	30.87	29.93	8.6
作物	630	2020	FC01	855	H30	20.79	34.23	33.70	31.76	15.0
作物	631	2018	FC08	627	H68	19.03	32.58	32.12	31.13	7.6

付表2-2 強熱減量データ（反復2）

ステーション	実施順	採取年度	圃場No.	試料No.	るつぼNo.	るつぼ(g)	るつぼ+風乾土(g)	るつぼ+乾土(g)	るつぼ+強熱土(g)	強熱減量(%)
作物	632	2018	FB21	621	H96	20.78	33.10	32.62	31.44	10.0
作物	633	2018	FD03	630	H14	21.15	33.03	32.46	31.22	11.0
作物	634	2018	FA04	606	H93	22.42	35.72	35.14	33.63	11.9
作物	635	2018	FE09	634	H56	20.42	33.56	32.83	31.09	14.0
作物	636	2020	FB17	844	H83	20.00	35.93	35.65	34.86	5.0
作物	637	2018	FE01	632	CC113	20.07	31.20	30.64	29.22	13.4
作物	638	2020	FF02	876	CC340	19.97	34.13	33.56	32.22	9.9
作物	639	2020	FC07	860	CC235	20.00	34.14	33.72	32.33	10.1
作物	640	2020	FB14	841	CC354	20.36	33.33	33.00	32.10	7.1
作物	641	2016	FE13	402	CC351	19.54	30.11	29.68	28.86	8.1
作物	642	2016	FE02	397	CC47	20.73	32.41	31.70	30.15	14.1
作物	643	2016	FB01	383	CC348	19.60	31.57	31.12	29.80	11.5
作物	644	2016	FB16	388	CC248	19.86	30.02	29.64	28.77	8.9
作物	645	2020	FB18	845	CC357	19.55	30.18	29.73	28.68	10.3
作物	646	2016	FD03	523	CC313	19.63	32.06	31.71	30.72	8.2

付表2-3 強熱減量データ（反復3）

ステーション	実施順	採取年度	圃場 No.	試料 No.	るつぼ No.	るつぼ (g)	るつぼ+ 風乾土 (g)	るつぼ+ 乾土 (g)	るつぼ+ 強熱土 (g)	強熱 減量 (%)
酪農	281	2014	39	33	H47	20.47	31.19	30.56	28.64	19.0
酪農	282	2018	11	650	H40	21.88	32.48	31.98	30.84	11.3
酪農	283	2020	16	809	H34	20.31	32.23	31.85	30.59	10.9
酪農	284	2014	34	28	H19	22.11	34.63	34.19	33.02	9.7
酪農	285	2016	16	355	H2	21.48	34.32	33.80	32.68	9.1
酪農	286	2014	25	19	H35	20.52	31.95	31.50	30.09	12.8
酪農	287	2020	13	806	H1	21.57	33.95	33.55	32.34	10.1
酪農	288	2020	32	823	H42	18.34	32.36	31.95	30.76	8.7
酪農	289	2016	36	375	H5	19.60	32.29	31.74	30.27	12.1
酪農	290	2014	18	15	H50	19.31	31.66	31.14	29.74	11.8
酪農	291	2020	26	818	H15	20.91	33.43	32.90	31.16	14.5
酪農	292	2020	18	811	H39	20.57	32.81	32.25	30.98	10.9
酪農	293	2020	19	812	H10	20.05	32.67	31.57	30.18	12.1
酪農	294	2014	32	26	H91	19.54	32.19	31.79	30.66	9.2
酪農	295	2014	31	25	H7	20.97	33.08	32.67	31.56	9.5
酪農	296	2018	13	652	H55	22.94	34.39	33.81	32.33	13.6
酪農	297	2016	8	347	CC27	20.01	31.75	31.18	29.88	11.6
酪農	298	2014	29	23	CC198	20.66	33.53	33.05	31.78	10.3
酪農	299	2018	16	655	CC85	19.68	29.55	29.12	28.07	11.1
酪農	300	2020	33	824	CC227	20.11	32.87	32.49	31.17	10.7
酪農	301	2014	8	5	CC254	20.01	31.99	31.52	30.31	10.5
酪農	302	2014	19	16	CC306	19.74	31.39	30.85	29.49	12.2
酪農	303	2016	23	362	CC102	20.27	30.84	30.40	29.31	10.8
酪農	304	2020	11	804	CC334	19.67	32.67	32.23	31.04	9.5
酪農	305	2018	19	658	CC158	20.80	32.70	32.11	30.75	12.0
酪農	306	2014	27	21	CC262	19.90	31.39	30.69	28.60	19.4
酪農	307	2016	12	351	CC169	19.58	33.71	33.18	32.03	8.5
酪農	308	2014	15	12	CC331	20.49	33.47	32.97	31.88	8.7
酪農	309	2016	29	368	CC179	21.36	32.47	31.94	30.56	13.0
酪農	310	2018	29	667	CC174	19.90	31.66	31.10	29.60	13.4
酪農	311	2016	37	376	CC186	20.72	32.12	31.60	30.33	11.7
酪農	312	2020	23	815	CC25	20.57	33.52	33.06	31.68	11.0
酪農	313	2016	34	373	CC340	19.98	31.47	31.01	29.87	10.3
酪農	314	2018	6	645	CC351	19.54	31.35	30.73	29.12	14.4

付表2-3 強熱減量データ（反復3）

ステーション	実施順	採取年度	圃場 No.	試料 No.	るつぼ No.	るつぼ (g)	るつぼ+ 風乾土 (g)	るつぼ+ 乾土 (g)	るつぼ+ 強熱土 (g)	強熱 減量 (%)
酪農	315	2014	9	6	CC248	19.86	31.76	31.16	29.56	14.2
酪農	316	2018	8	647	CC47	20.73	32.10	31.54	30.11	13.2
酪農	317	2016	24	363	CC113	20.07	32.22	31.44	29.43	17.7
酪農	318	2014	37	31	CC354	20.36	34.11	33.59	32.27	10.0
酪農	319	2018	32	670	CC235	20.00	32.06	31.58	30.28	11.2
酪農	320	2014	33	27	CC348	19.61	31.32	30.86	29.33	13.6
酪農	321	2014	28	22	CC357	19.55	31.70	31.09	29.57	13.2
酪農	322	2018	26	664	CC313	19.64	31.28	30.70	29.02	15.2
酪農	323	2020	14	807	H96	20.78	34.72	34.22	32.60	12.1
酪農	324	2014	13	10	H68	19.03	31.86	31.37	30.09	10.4
酪農	325	2020	5	798	H83	20.00	32.45	31.86	30.32	13.0
酪農	326	2014	35	29	H93	22.42	33.45	32.97	31.36	15.3
酪農	327	2014	5	2	H56	20.42	32.49	31.91	30.42	13.0
酪農	328	2018	14	653	H14	21.15	33.37	32.86	31.40	12.5
酪農	329	2020	10	803	H37	19.96	31.58	31.16	29.99	10.4
酪農	330	2020	20	813	H80	21.12	32.68	32.29	31.07	10.9
酪農	331	2020	7	800	H87	18.95	31.44	31.00	29.62	11.5
酪農	332	2014	26	20	H24	20.69	32.56	32.06	30.45	14.2
酪農	333	2016	33	372	H73	21.00	32.48	31.98	30.45	13.9
酪農	334	2014	6	3	H86	19.47	31.20	30.67	29.11	13.9
酪農	335	2016	20	359	H58	21.18	33.47	32.90	31.34	13.3
酪農	336	2014	3	1	H26	20.47	31.80	31.27	29.68	14.7
酪農	337	2016	7	346	H74	21.50	33.27	32.73	31.40	11.8
酪農	338	2020	39	830	H62	19.24	32.30	31.64	29.72	15.5
酪農	339	2014	30	24	H70	20.74	31.62	31.21	29.91	12.4
酪農	340	2016	38	377	H81	20.11	32.99	32.35	30.63	14.1
酪農	341	2020	25	817	H97	18.59	30.35	29.89	28.22	14.8
酪農	342	2018	7	646	H43	19.60	31.68	31.07	29.52	13.5
酪農	343	2020	31	822	H75	19.18	32.48	32.07	30.73	10.4
酪農	344	2020	40	831	N98	21.36	33.25	32.83	31.76	9.3
酪農	345	2018	22	660	H8	20.27	31.17	30.45	28.13	22.8
酪農	346	2016	26	365	H29	22.30	34.11	33.48	31.78	15.2
酪農	347	2020	9	802	H12	19.62	32.95	32.37	30.56	14.2
酪農	348	2018	5	644	H33	19.89	30.86	30.21	28.58	15.8

付表2-3 強熱減量データ（反復3）

ステーション	実施順	採取年度	圃場No.	試料No.	るつぼNo.	るつぼ(g)	るつぼ+風乾土(g)	るつぼ+乾土(g)	るつぼ+強熱土(g)	強熱減量(%)
酪農	349	2018	35	673	H21	18.83	30.95	30.38	28.69	14.6
酪農	350	2016	40	379	H22	19.77	31.65	31.01	29.46	13.8
酪農	351	2016	25	364	H76	22.40	34.66	34.07	32.48	13.6
酪農	352	2018	17	656	H49	19.98	31.25	30.80	29.63	10.8
酪農	353	2018	3	643	H57	20.12	32.84	32.22	30.69	12.6
酪農	354	2014	12	9	H27	19.82	32.00	31.63	30.65	8.3
酪農	355	2014	24	18	H48	20.05	31.45	30.73	28.93	16.9
酪農	356	2016	13	352	H4	19.67	31.30	30.84	29.71	10.1
酪農	357	2018	33	671	H51	20.16	32.30	31.78	30.11	14.4
酪農	358	2018	39	677	H60	20.31	33.06	32.28	29.93	19.6
酪農	359	2018	20	659	H54	21.15	34.49	33.89	32.19	13.3
酪農	360	2020	8	801	H71	20.09	32.84	32.33	30.81	12.4
酪農	361	2020	29	821	N78	22.97	35.26	34.80	33.37	12.1
酪農	362	2016	10	349	N30	22.26	34.12	33.61	32.49	9.9
酪農	363	2014	36	30	N9	22.94	34.80	34.33	33.10	10.8
酪農	364	2016	11	350	N15	23.38	36.55	36.00	34.83	9.3
酪農	365	2016	3	343	N97	22.88	36.33	35.68	34.20	11.6
酪農	366	2018	18	657	N67	23.60	35.28	34.74	33.52	11.0
酪農	367	2016	17	356	N2	23.07	34.53	34.05	32.86	10.8
酪農	368	2020	24	816	N49	23.16	34.28	33.63	31.76	17.9
酪農	369	2016	6	345	N11	23.11	34.21	33.67	32.38	12.2
酪農	370	2014	17	14	N54	23.08	34.50	34.10	33.05	9.5
酪農	371	2018	40	678	N8	23.20	34.47	33.92	32.38	14.4
酪農	372	2016	31	370	N58	23.45	35.29	34.79	33.54	11.0
酪農	373	2014	11	8	N16	23.24	35.62	35.23	34.32	7.6
酪農	374	2020	3	797	N46	22.98	35.28	34.79	33.31	12.5
酪農	375	2018	34	672	N76	25.23	36.91	36.45	35.15	11.6
酪農	376	2014	16	13	N68	22.94	36.20	35.71	34.62	8.5
酪農	377	2014	14	11	H41	21.88	34.89	34.40	33.22	9.4
酪農	378	2020	27	819	H13	23.38	34.91	34.24	32.07	20.0
酪農	379	2018	24	662	H16	21.60	33.82	32.94	30.67	20.0
酪農	380	2018	12	651	H52	21.61	34.22	33.68	32.39	10.7
酪農	381	2020	28	820	H25	20.49	34.99	34.48	32.68	12.9
酪農	382	2020	17	810	H61	20.69	34.79	34.35	33.14	8.9

付表2-3 強熱減量データ（反復3）

ステーション	実施順	採取年度	圃場 No.	試料 No.	るつぼ No.	るつぼ (g)	るつぼ+ 風乾土 (g)	るつぼ+ 乾土 (g)	るつぼ+ 強熱土 (g)	強熱 減量 (%)
酪農	383	2020	22	814	H89	18.88	32.46	31.78	29.31	19.1
酪農	384	2016	18	357	H44	20.57	34.05	33.46	31.99	11.4
酪農	385	2018	31	669	H46	21.86	34.48	33.99	32.70	10.6
酪農	386	2020	35	826	H88	22.29	35.32	34.87	33.43	11.4
酪農	387	2020	38	829	H84	20.81	33.85	33.34	31.75	12.7
酪農	388	2018	38	676	H28	19.13	32.20	31.56	29.52	16.4
酪農	389	2014	20	17	H17	20.02	31.66	31.22	30.03	10.6
酪農	390	2014		7	H94	23.35	35.50	35.05	33.83	10.4
酪農	391	2016	27	366	H64	19.85	31.74	30.96	28.68	20.5
酪農	392	2016	14	353	H67	19.88	32.15	31.64	30.46	10.0
酪農	393	2014	7	4	CC51	20.06	33.17	32.54	30.65	15.1
酪農	394	2016	9	348	CC93	20.63	33.33	32.66	31.06	13.3
酪農	395	2016	5	344	CC253	20.34	32.64	31.95	30.43	13.1
酪農	396	2020	34	825	CC64	20.64	32.61	32.22	31.01	10.4
酪農	397	2018	27	665	CC5	20.09	32.04	31.29	29.11	19.5
酪農	398	2018	25	663	CC41	20.10	33.39	32.77	30.93	14.5
酪農	399	2016	35	374	CC1	19.97	33.49	32.89	31.22	12.9
酪農	400	2016	30	369	CC92	19.78	32.10	31.58	30.02	13.2
酪農	401	2014	40	34	CC79	20.06	33.12	32.59	31.18	11.3
酪農	402	2016	22	361	CC112	19.79	33.12	32.34	30.15	17.5
酪農	403	2016	39	378	CC145	20.65	33.44	32.59	30.21	19.9
酪農	404	2018	15	654	CC327	19.84	33.33	32.75	31.43	10.2
酪農	405	2018	23	661	CC88	20.16	32.02	31.52	30.14	12.1
酪農	406	2016	32	371	CC141	19.79	32.33	31.86	30.65	10.0
酪農	407	2020	6	799	N62	22.90	36.04	35.41	33.92	11.9
酪農	408	2018	10	649	N69	23.09	35.19	34.65	33.29	11.8
酪農	409	2018	37	675	CC85	19.68	33.02	32.45	30.89	12.2
酪農	410	2020	36	827	CC262	19.90	32.80	32.32	30.73	12.8
酪農	411	2020	15	808	CC158	20.79	34.11	33.68	32.44	9.6
酪農	412	2018	30	668	CC331	20.50	33.36	32.79	31.09	13.8
酪農	413	2018	36	674	CC198	20.66	33.71	33.06	31.28	14.4
酪農	414	2014	38	32	CC306	19.74	32.56	32.03	30.35	13.7
酪農	415	2018	9	648	CC27	20.01	33.17	32.48	30.67	14.5
酪農	416	2016	28	367	CC227	20.11	33.54	32.89	31.37	11.9

付表2-3 強熱減量データ（反復3）

ステーション	実施順	採取年度	圃場No.	試料No.	るつぼNo.	るつぼ(g)	るつぼ+風乾土(g)	るつぼ+乾土(g)	るつぼ+強熱土(g)	強熱減量(%)
酪農	417	2020	37	828	CC179	21.35	34.86	34.34	32.64	13.1
酪農	418	2016	15	354	CC169	19.58	33.39	32.83	31.67	8.8
酪農	419	2016	19	358	CC174	19.90	33.14	32.48	30.86	12.9
酪農	420	2020	12	805	CC254	20.00	35.86	35.39	34.04	8.8
作物	647	2016	FB21	392	CC169	19.58	32.16	31.65	30.39	10.4
作物	648	2016	FE11	400	CC179	21.35	32.88	32.40	31.33	9.7
作物	649	2020	FB20	847	CC331	20.49	34.13	33.76	32.70	8.0
作物	650	2020	FB17	844	CC25	20.57	34.51	34.28	33.67	4.4
作物	651	2018	FB02	611	CC227	20.11	31.20	30.77	29.54	11.5
作物	652	2020	FB18	845	CC334	19.66	33.81	33.44	32.31	8.2
作物	653	2016	FD02	522	CC262	19.91	32.65	32.07	30.73	11.0
作物	654	2016	FB24	395	CC186	20.73	33.12	32.72	31.82	7.5
作物	655	2020	FD02	866	CC198	20.65	32.24	31.81	30.69	10.0
作物	656	2020	FC07	860	CC102	20.27	34.51	34.10	32.72	10.0
作物	657	2020	FA07	835	CC306	19.75	33.86	33.47	32.23	9.0
作物	658	2020	FB01	836	CC174	19.91	31.56	31.26	30.24	9.0
作物	659	2018	FB15	617	CC85	19.68	31.62	31.20	30.29	7.9
作物	660	2018	FB05	614	CC254	20.01	32.77	32.24	30.74	12.3
作物	661	2018	FD01	628	CC158	20.79	33.69	33.06	31.65	11.5
作物	662	2020	FA04	832	CC27	20.01	33.94	33.48	32.02	10.8
作物	663	2020	FB05	839	H50	19.30	31.54	31.17	29.58	13.4
作物	664	2020	FC08	861	H19	22.11	34.79	34.47	33.57	7.3
作物	665	2016	FB13	387	H53	22.85	34.63	34.22	33.35	7.7
作物	666	2020	FB14	841	H15	20.91	34.78	34.45	33.49	7.1
作物	667	2016	FF02	404	H7	20.97	32.47	31.85	30.59	11.6
作物	668	2016	FB16	388	H40	21.88	32.52	32.12	31.21	8.9
作物	669	2018	FE11	636	H2	21.47	34.11	33.63	32.51	9.2
作物	670	2020	FE02	869	H47	20.47	32.72	32.05	30.71	11.6
作物	671	2016	FB15	520	H35	20.52	32.12	31.74	30.80	8.4
作物	672	2018	FF02	640	H42	18.34	30.36	29.78	28.40	12.1
作物	673	2018	FA04	606	H34	20.32	35.20	34.57	32.87	11.9
作物	674	2018	FC08	627	H91	19.54	32.86	32.43	31.44	7.7
作物	675	2020	FD01	865	H5	19.59	33.96	33.45	31.95	10.8
作物	676	2016	FA06	381	H39	20.57	34.54	34.10	32.99	8.2

付表2-3 強熱減量データ（反復3）

ステーション	実施順	採取年度	圃場No.	試料No.	るつぼNo.	るつぼ(g)	るつぼ+風乾土(g)	るつぼ+乾土(g)	るつぼ+強熱土(g)	強熱減量(%)
作物	677	2016	FD01	521	H55	22.94	33.43	32.94	31.80	11.4
作物	678	2020	FF04	878	H1	21.56	34.54	33.72	31.94	14.6
作物	679	2018	FE02	633	H52	21.61	33.23	32.59	31.15	13.1
作物	680	2016	FB02	384	H28	19.13	31.64	31.09	29.54	13.0
作物	681	2018	FD02	629	H13	23.38	34.83	34.33	33.13	11.0
作物	682	2020	FC01	855	H89	18.89	32.57	32.06	30.12	14.7
作物	683	2018	FE13	638	H44	20.57	33.64	33.14	32.05	8.7
作物	684	2016	FA07	382	H67	19.88	33.17	32.68	31.61	8.4
作物	685	2020	FB22	849	H64	19.85	32.73	32.33	30.92	11.3
作物	686	2018	FE10	635	H41	21.88	33.63	32.96	31.58	12.5
作物	687	2020	FC11	864	H46	21.86	35.16	34.85	33.93	7.1
作物	688	2016	FF04	406	H61	20.69	32.47	31.71	29.81	17.2
作物	689	2016	FF03	405	H17	20.03	32.03	31.30	29.67	14.5
作物	690	2020	FB04	838	H25	20.49	35.06	34.63	33.24	9.8
作物	691	2020	FB21	848	H88	22.29	35.22	34.88	33.77	8.8
作物	692	2020	FC05	858	H94	23.35	34.90	34.48	32.98	13.5
作物	693	2016	FE02	397	H84	20.81	33.29	32.54	30.87	14.2
作物	694	2020	FE11	872	H16	21.60	34.11	33.66	32.59	8.9
作物	695	2020	FB25	852	CC112	19.79	33.35	33.02	32.07	7.2
作物	696	2016	FF01	403	CC93	20.63	31.66	31.22	30.28	8.9
作物	697	2020	FE09	870	CC327	19.84	33.11	32.32	30.69	13.1
作物	698	2016	FE09	398	CC79	20.06	32.16	31.45	29.85	14.0
作物	699	2018	FD03	630	CC5	20.08	32.86	32.27	30.94	10.9
作物	700	2020	FE10	871	CC145	20.65	33.03	32.44	31.32	9.5
作物	701	2020	FF01	875	CC1	19.96	32.90	32.41	31.30	8.9
作物	702	2020	FC09	862	CC41	20.09	34.13	33.79	32.77	7.4
作物	703	2018	FA06	608	CC253	20.34	33.26	32.80	31.56	10.0
作物	704	2020	FE01	868	CC88	20.17	35.20	34.31	32.58	12.2
作物	705	2020	FB27	854	CC64	20.63	34.85	34.43	32.89	11.2
作物	706	2018	FB17	618	CC92	19.78	34.30	33.75	32.51	8.9
作物	707	2016	FE10	399	CC141	19.79	31.33	30.66	29.38	11.8
作物	708	2018	FB21	621	CC51	20.06	33.05	32.57	31.31	10.1
作物	709	2020	FD03	867	N62	22.91	35.92	35.47	34.14	10.6
作物	710	2016	FE01	396	N68	22.94	34.90	34.34	32.91	12.5

付表2-3 強熱減量データ（反復3）

ステーション	実施順	採取年度	圃場No.	試料No.	るつぼNo.	るつぼ(g)	るつぼ+風乾土(g)	るつぼ+乾土(g)	るつぼ+強熱土(g)	強熱減量(%)
作物	711	2018	FA07	609	N32	22.84	36.34	35.86	34.56	10.0
作物	712	2018	FB19	619	N46	22.98	35.74	35.33	34.37	7.8
作物	713	2020	FE12	873	N58	23.46	36.38	36.01	34.96	8.4
作物	714	2018	FA05	607	N16	23.25	35.66	35.21	34.17	8.7
作物	715	2018	FB22	622	N78	22.96	35.14	34.64	33.07	13.4
作物	716	2020	FC10	863	N15	23.39	36.22	35.90	35.11	6.3
作物	717	2020	FB19	846	N97	22.89	35.67	35.36	34.39	7.8
作物	718	2018	FE09	634	N49	23.16	35.47	34.83	33.19	14.1
作物	719	2018	FB04	612	N30	22.26	35.72	35.20	33.64	12.1
作物	720	2020	FC02	856	N9	22.94	35.09	34.68	33.05	13.9
作物	721	2020	FF03	877	N11	23.11	36.50	35.82	34.23	12.5
作物	722	2018	FF03	641	N54	23.08	35.48	34.89	33.40	12.6
作物	723	2018	FD04	631	N67	23.60	35.93	35.40	34.03	11.6
作物	724	2020	FA06	834	N2	23.07	35.81	35.49	34.30	9.6
作物	725	2020	FB13	840	N76	25.23	38.01	37.77	37.00	6.1
作物	726	2018	FB20	620	N8	23.20	36.47	36.01	34.88	8.8
作物	727	2018	FB24	624	H4	19.67	33.41	33.03	32.09	7.0
作物	728	2018	FE12	637	H22	19.77	34.13	33.61	32.43	8.5
作物	729	2018	FB23	623	H21	18.83	33.63	33.23	32.28	6.6
作物	730	2016	FB22	393	H27	19.82	34.20	33.53	31.66	13.6
作物	731	2018	FF04	642	H29	22.30	34.75	34.05	32.09	16.7
作物	732	2016	FE12	401	H71	20.10	33.90	33.40	32.28	8.4
作物	733	2018	FB13	616	H76	22.40	36.73	36.28	35.19	7.9
作物	734	2020	FC04	857	H33	19.89	34.58	34.26	32.72	10.7
作物	735	2016	FB01	383	H49	19.99	33.84	33.34	31.83	11.3
作物	736	2018	FC06	625	H60	20.31	35.82	35.21	33.65	10.5
作物	737	2020	FE13	874	H8	20.27	34.86	34.44	33.21	8.7
作物	738	2016	FB04	385	H48	20.05	32.04	31.50	29.63	16.3
作物	739	2018	FF01	639	H57	20.12	33.83	33.33	32.06	9.6
作物	740	2020	FB24	851	H54	21.15	35.88	35.59	34.82	5.3
作物	741	2018	FC07	626	H12	19.62	33.97	33.52	32.52	7.2
作物	742	2020	FB15	842	H51	20.17	37.40	37.18	36.64	3.2
作物	743	2016	FA05	380	H86	19.47	30.86	30.43	29.56	7.9
作物	744	2016	FB19	390	H62	19.25	30.72	30.30	29.43	7.9

付表2-3 強熱減量データ（反復3）

ステーション	実施順	採取年度	圃場No.	試料No.	るつぼNo.	るつぼ(g)	るつぼ+風乾土(g)	るつぼ+乾土(g)	るつぼ+強熱土(g)	強熱減量(%)
作物	745	2020	FA05	833	H81	20.11	34.83	34.41	33.25	8.1
作物	746	2018	FB01	610	H97	18.60	32.45	31.93	30.52	10.6
作物	747	2016	FB20	391	H43	19.60	31.11	30.66	29.67	9.0
作物	748	2018	FE01	632	H58	21.18	33.93	33.29	31.68	13.3
作物	749	2020	FB02	837	H70	20.74	33.56	33.12	31.81	10.6
作物	750	2020	FF02	876	H26	20.47	33.72	33.16	31.96	9.5
作物	751	2020	FB23	850	H73	21.00	34.63	34.35	33.76	4.4
作物	752	2020	FB16	843	H10	20.04	33.45	33.08	32.05	7.9
作物	753	2016	FB23	394	H3	19.96	32.32	31.92	30.96	8.0
作物	754	2016	FE13	402	H74	21.50	34.40	33.84	32.85	8.0
作物	755	2016	FB05	386	H37	19.95	30.50	29.99	28.33	16.5
作物	756	2020	FC06	859	H75	19.18	31.44	30.83	28.52	19.8
作物	757	2020	FB26	853	H87	18.94	33.62	33.21	31.91	9.1
作物	758	2016	FD03	523	H24	20.69	32.65	32.14	30.95	10.4
作物	759	2016	FB17	389	N98	21.36	34.69	34.18	33.06	8.7

付表2-4 強熱減量データ（反復4）

ステーション	実施順	採取年度	圃場No.	試料No.	るつぼNo.	るつぼ(g)	るつぼ+風乾土(g)	るつぼ+乾土(g)	るつぼ+強熱土(g)	強熱減量(%)
作物	760	2020	FC10	863	CC334	19.66	31.58	31.29	30.55	6.4
作物	761	2020	FF01	875	CC198	20.65	32.83	32.38	31.29	9.3
作物	762	2016	FD03	523	CC254	20.01	31.80	31.31	30.12	10.5
作物	763	2020	FB18	845	CC102	20.27	32.26	31.96	30.97	8.5
作物	764	2020	FB17	844	CC179	21.35	34.21	33.99	33.31	5.4
作物	765	2020	FB15	842	CC25	20.57	33.47	33.26	32.79	3.7
作物	766	2020	FC05	858	CC331	20.49	32.44	32.02	30.54	12.8
作物	767	2020	FC06	859	CC227	20.11	32.43	31.87	29.77	17.9
作物	768	2020	FB13	840	CC169	19.58	31.95	31.68	30.91	6.4
作物	769	2020	FB20	847	CC262	19.90	32.04	31.72	30.70	8.6
作物	770	2020	FC02	856	CC85	19.68	31.75	31.35	29.78	13.5
作物	771	2018	FB24	624	CC174	19.90	31.66	31.35	30.56	6.9
作物	772	2016	FB23	394	CC27	20.01	30.38	30.06	29.22	8.4
酪農	773	2020	13	806	CC306	19.74	30.94	30.60	29.50	10.1

付表2-5 強熱減量データ（反復5）

ステーション	実施順	採取年度	圃場 No.	試料 No.	るつぼ No.	るつぼ (g)	るつぼ+ 風乾土 (g)	るつぼ+ 乾土 (g)	るつぼ+ 強熱土 (g)	強熱 減量 (%)
作物	774	2020	FB17	844	H7	20.97	33.39	33.19	32.59	4.9
作物	775	2020	FB15	842	H42	18.35	33.35	33.12	32.60	3.5
作物	776	2020	FC06	859	H53	22.86	33.31	32.82	31.00	18.3
作物	777	2020	FB13	840	H34	20.32	34.54	34.21	33.33	6.3

付表2-6 強熱減量（各反復）データおよびそれらより算出した値

ステーション	採取年度	圃場 No.	試料 No.	反復 1 (%)	反復 2 (%)	反復 3 (%)	反復 4 (%)	反復 5 (%)	平均 (%)	標準偏差 (%)	変動係数 (%)
酪農	2014	3	1	14.6	14.8	14.7			14.7	0.11	0.7
酪農	2014	5	2	12.9	12.9	13.0			12.9	0.03	0.2
酪農	2014	6	3	13.7	13.6	13.9			13.7	0.19	1.4
酪農	2014	7	4	14.9	15.1	15.1			15.1	0.10	0.7
酪農	2014	8	5	10.4	10.6	10.5			10.5	0.09	0.9
酪農	2014	9	6	13.7	13.9	14.2			13.9	0.23	1.7
酪農	2014	10	7	10.3	10.3	10.4			10.3	0.08	0.8
酪農	2014	11	8	8.0	7.9	7.6			7.8	0.20	2.6
酪農	2014	12	9	8.0	8.3	8.3			8.2	0.16	2.0
酪農	2014	13	10	10.2	9.9	10.4			10.2	0.25	2.5
酪農	2014	14	11	9.2	9.3	9.4			9.3	0.10	1.1
酪農	2014	15	12	8.9	8.8	8.7			8.8	0.07	0.8
酪農	2014	16	13	8.5	8.2	8.5			8.4	0.21	2.5
酪農	2014	17	14	9.7	9.4	9.5			9.6	0.16	1.7
酪農	2014	18	15	11.7	11.7	11.8			11.7	0.10	0.9
酪農	2014	19	16	12.4	12.6	12.2			12.4	0.17	1.4
酪農	2014	20	17	10.7	10.8	10.6			10.7	0.08	0.7
酪農	2014	24	18	17.0	17.0	16.9			16.9	0.07	0.4
酪農	2014	25	19	13.1	13.0	12.8			13.0	0.13	1.0
酪農	2014	26	20	13.9	13.7	14.2			13.9	0.21	1.5
酪農	2014	27	21	19.5	19.6	19.4			19.5	0.13	0.7
酪農	2014	28	22	12.9	13.1	13.2			13.1	0.14	1.1
酪農	2014	29	23	10.4	10.2	10.3			10.3	0.12	1.2
酪農	2014	30	24	12.3	12.2	12.4			12.3	0.10	0.8
酪農	2014	31	25	9.7	9.6	9.5			9.6	0.10	1.0
酪農	2014	32	26	9.2	9.1	9.2			9.2	0.05	0.5
酪農	2014	33	27	13.6	13.4	13.6			13.6	0.10	0.7
酪農	2014	34	28	9.7	9.6	9.7			9.7	0.07	0.7
酪農	2014	35	29	15.4	15.4	15.3			15.3	0.07	0.5
酪農	2014	36	30	11.1	10.9	10.8			10.9	0.14	1.3
酪農	2014	37	31	9.9	9.5	10.0			9.8	0.27	2.8
酪農	2014	38	32	13.9	13.7	13.7			13.8	0.12	0.9
酪農	2014	39	33	19.3	19.1	19.0			19.1	0.12	0.6
酪農	2014	40	34	11.1	11.1	11.3			11.2	0.08	0.7
酪農	2016	3	343	11.6	11.2	11.6			11.4	0.21	1.8
酪農	2016	5	344	13.3	13.1	13.1			13.2	0.14	1.1

付表2-6 強熱減量（各反復）データおよびそれらより算出した値

ステーション	採取年度	圃場 No.	試料 No.	反復 1 (%)	反復 2 (%)	反復 3 (%)	反復 4 (%)	反復 5 (%)	平均 (%)	標準偏差 (%)	変動係数 (%)
酪農	2016	6	345	12.4	12.6	12.2			12.4	0.20	1.6
酪農	2016	7	346	11.6	11.4	11.8			11.6	0.20	1.7
酪農	2016	8	347	11.7	12.0	11.6			11.8	0.21	1.8
酪農	2016	9	348	13.4	13.6	13.3			13.4	0.13	1.0
酪農	2016	10	349	10.1	9.9	9.9			9.9	0.11	1.1
酪農	2016	11	350	9.4	9.3	9.3			9.3	0.08	0.9
酪農	2016	12	351	8.3	8.2	8.5			8.3	0.12	1.4
酪農	2016	13	352	10.2	9.9	10.1			10.1	0.18	1.8
酪農	2016	14	353	10.0	10.0	10.0			10.0	0.04	0.4
酪農	2016	15	354	8.7	8.7	8.8			8.7	0.04	0.5
酪農	2016	16	355	9.2	9.4	9.1			9.2	0.16	1.7
酪農	2016	17	356	11.1	11.0	10.8			11.0	0.13	1.2
酪農	2016	18	357	11.5	11.4	11.4			11.4	0.04	0.4
酪農	2016	19	358	12.7	12.8	12.9			12.8	0.10	0.8
酪農	2016	20	359	13.0	12.7	13.3			13.0	0.30	2.3
酪農	2016	22	361	17.5	17.5	17.5			17.5	0.03	0.2
酪農	2016	23	362	10.9	11.0	10.8			10.9	0.14	1.3
酪農	2016	24	363	17.5	17.4	17.7			17.5	0.15	0.9
酪農	2016	25	364	13.9	13.6	13.6			13.7	0.13	0.9
酪農	2016	26	365	15.5	15.3	15.2			15.3	0.16	1.0
酪農	2016	27	366	20.8	20.6	20.5			20.7	0.16	0.8
酪農	2016	28	367	12.0	12.0	11.9			12.0	0.07	0.6
酪農	2016	29	368	12.9	13.3	13.0			13.1	0.23	1.8
酪農	2016	30	369	13.1	13.2	13.2			13.2	0.04	0.3
酪農	2016	31	370	11.1	11.0	11.0			11.1	0.08	0.7
酪農	2016	32	371	10.0	10.0	10.0			10.0	0.02	0.2
酪農	2016	33	372	13.7	13.9	13.9			13.8	0.14	1.0
酪農	2016	34	373	10.2	10.3	10.3			10.3	0.05	0.5
酪農	2016	35	374	12.7	13.1	12.9			12.9	0.18	1.4
酪農	2016	36	375	12.0	12.3	12.1			12.1	0.14	1.2
酪農	2016	37	376	11.4	11.8	11.7			11.6	0.18	1.6
酪農	2016	38	377	13.8	13.7	14.1			13.9	0.18	1.3
酪農	2016	39	378	19.8	19.9	19.9			19.9	0.06	0.3
酪農	2016	40	379	14.1	13.9	13.8			13.9	0.16	1.2
酪農	2018	3	643	12.5	12.4	12.6			12.5	0.10	0.8
酪農	2018	5	644	15.8	15.8	15.8			15.8	0.02	0.1

付表2-6 強熱減量（各反復）データおよびそれらより算出した値

ステーション	採取年度	圃場 No.	試料 No.	反復 1 (%)	反復 2 (%)	反復 3 (%)	反復 4 (%)	反復 5 (%)	平均 (%)	標準偏差 (%)	変動係数 (%)
酪農	2018	6	645	14.5	14.5	14.4			14.5	0.08	0.6
酪農	2018	7	646	13.5	13.3	13.5			13.5	0.10	0.7
酪農	2018	8	647	13.3	13.0	13.2			13.2	0.14	1.1
酪農	2018	9	648	14.6	14.9	14.5			14.7	0.20	1.4
酪農	2018	10	649	11.5	11.7	11.8			11.6	0.17	1.5
酪農	2018	11	650	11.3	11.3	11.3			11.3	0.02	0.2
酪農	2018	12	651	10.5	10.5	10.7			10.6	0.12	1.1
酪農	2018	13	652	13.8	14.0	13.6			13.8	0.17	1.2
酪農	2018	14	653	12.2	12.5	12.5			12.4	0.17	1.4
酪農	2018	15	654	10.2	10.0	10.2			10.1	0.14	1.4
酪農	2018	16	655	11.1	11.2	11.1			11.1	0.02	0.2
酪農	2018	17	656	11.1	10.7	10.8			10.9	0.20	1.8
酪農	2018	18	657	11.2	11.2	11.0			11.1	0.13	1.2
酪農	2018	19	658	11.8	12.0	12.0			12.0	0.12	1.0
酪農	2018	20	659	13.1	13.4	13.3			13.3	0.14	1.1
酪農	2018	22	660	23.0	22.8	22.8			22.9	0.12	0.5
酪農	2018	23	661	12.0	12.1	12.1			12.1	0.07	0.6
酪農	2018	24	662	20.4	20.1	20.0			20.2	0.18	0.9
酪農	2018	25	663	14.3	14.4	14.5			14.4	0.09	0.6
酪農	2018	26	664	15.1	14.9	15.2			15.1	0.14	0.9
酪農	2018	27	665	19.3	19.6	19.5			19.5	0.15	0.8
酪農	2018	29	667	13.5	13.4	13.4			13.4	0.06	0.4
酪農	2018	30	668	13.8	13.9	13.8			13.9	0.06	0.4
酪農	2018	31	669	10.7	10.5	10.6			10.6	0.09	0.8
酪農	2018	32	670	11.0	11.2	11.2			11.1	0.14	1.3
酪農	2018	33	671	14.3	14.3	14.4			14.3	0.06	0.4
酪農	2018	34	672	11.6	11.6	11.6			11.6	0.02	0.2
酪農	2018	35	673	14.5	14.7	14.6			14.6	0.10	0.7
酪農	2018	36	674	14.2	14.2	14.4			14.2	0.11	0.8
酪農	2018	37	675	12.2	12.2	12.2			12.2	0.02	0.2
酪農	2018	38	676	16.3	16.3	16.4			16.3	0.07	0.4
酪農	2018	39	677	19.5	19.8	19.6			19.6	0.15	0.8
酪農	2018	40	678	14.1	14.5	14.4			14.3	0.17	1.2
酪農	2020	3	797	12.7	12.5	12.5			12.6	0.13	1.0
酪農	2020	5	798	12.7	12.9	13.0			12.9	0.14	1.1
酪農	2020	6	799	12.0	11.8	11.9			11.9	0.07	0.6

付表2-6 強熱減量（各反復）データおよびそれらより算出した値

ステーション	採取年度	圃場 No.	試料 No.	反復 1 (%)	反復 2 (%)	反復 3 (%)	反復 4 (%)	反復 5 (%)	平均 (%)	標準偏差 (%)	変動係数 (%)
酪農	2020	7	800	11.2	11.4	11.5			11.3	0.13	1.2
酪農	2020	8		12.2	12.4	12.4			12.4	0.11	0.9
酪農	2020	9	802	14.1	14.1	14.2			14.1	0.06	0.4
酪農	2020	10	803	10.4	10.5	10.4			10.5	0.05	0.5
酪農	2020	11	804	9.7	9.4	9.5			9.5	0.14	1.5
酪農	2020	12	805	8.6	8.6	8.8			8.7	0.10	1.1
酪農	2020	13	806	21.9	10.1	10.1	10.1		10.1	0.02	0.2
酪農	2020	14	807	11.9	11.9	12.1			12.0	0.08	0.7
酪農	2020	15	808	9.5	9.7	9.6			9.6	0.11	1.1
酪農	2020	16	809	10.7	10.9	10.9			10.9	0.12	1.1
酪農	2020	17	810	8.6	9.1	8.9			8.9	0.26	2.9
酪農	2020	18	811	10.5	10.8	10.9			10.7	0.17	1.6
酪農	2020	19	812	12.0	12.0	12.1			12.0	0.03	0.3
酪農	2020	20	813	11.0	10.9	10.9			10.9	0.06	0.6
酪農	2020	22	814	18.6	19.1	19.1			18.9	0.32	1.7
酪農	2020	23	815	11.1	11.2	11.0			11.1	0.08	0.7
酪農	2020	24	816	17.7	17.8	17.9			17.8	0.09	0.5
酪農	2020	25	817	14.8	14.8	14.8			14.8	0.01	0.1
酪農	2020	26	818	14.4	14.5	14.5			14.4	0.08	0.6
酪農	2020	27	819	20.2	19.9	20.0			20.0	0.13	0.7
酪農	2020	28	820	12.7	12.7	12.9			12.8	0.10	0.8
酪農	2020	29	821	12.3	12.4	12.1			12.3	0.17	1.4
酪農	2020	31	822	10.0	10.3	10.4			10.2	0.21	2.1
酪農	2020	32	823	8.5	8.8	8.7			8.7	0.14	1.6
酪農	2020	33	824	10.7	10.5	10.7			10.6	0.09	0.8
酪農	2020	34	825	10.1	10.4	10.4			10.3	0.19	1.8
酪農	2020	35	826	11.6	11.2	11.4			11.4	0.19	1.7
酪農	2020	36	827	12.9	12.9	12.8			12.9	0.07	0.5
酪農	2020	37	828	13.2	13.0	13.1			13.1	0.10	0.8
酪農	2020	38	829	12.6	12.7	12.7			12.7	0.04	0.3
酪農	2020	39	830	15.3	15.0	15.5			15.3	0.24	1.6
酪農	2020	40	831	9.1	9.2	9.3			9.2	0.10	1.1
作物	2016	FA05	380	8.0	7.9	7.9			7.9	0.06	0.8
作物	2016	FA06	381	8.1	8.2	8.2			8.2	0.08	1.0
作物	2016	FA07	382	8.8	8.5	8.4			8.5	0.22	2.6
作物	2016	FB01	383	11.6	11.5	11.3			11.4	0.12	1.1

付表2-6 強熱減量（各反復）データおよびそれらより算出した値

ステーション	採取年度	圃場 No.	試料 No.	反復 1 (%)	反復 2 (%)	反復 3 (%)	反復 4 (%)	反復 5 (%)	平均 (%)	標準偏差 (%)	変動係数 (%)
作物	2016	FB02	384	13.0	12.9	13.0			12.9	0.08	0.6
作物	2016	FB04	385	16.6	16.4	16.3			16.5	0.16	1.0
作物	2016	FB05	386	16.9	16.6	16.5			16.7	0.21	1.3
作物	2016	FB13	387	7.7	7.8	7.7			7.7	0.05	0.6
作物	2016	FB15	520	8.4	8.6	8.4			8.4	0.10	1.2
作物	2016	FB16	388	8.9	8.9	8.9			8.9	0.02	0.2
作物	2016	FB17	389	8.9	8.8	8.7			8.8	0.08	0.9
作物	2016	FB19	390	8.1	8.0	7.9			8.0	0.12	1.5
作物	2016	FB20	391	9.2	9.2	9.0			9.1	0.15	1.6
作物	2016	FB21	392	10.5	10.6	10.4			10.5	0.08	0.8
作物	2016	FB22	393	13.6	13.7	13.6			13.6	0.06	0.4
作物	2016	FB23	394	8.0	8.4	8.0	8.4		8.1	0.20	2.5
作物	2016	FB24	395	7.1	7.2	7.5			7.3	0.19	2.6
作物	2016	FD01	521	11.5	11.4	11.4			11.4	0.03	0.3
作物	2016	FD02	522	11.0	11.3	11.0			11.1	0.20	1.8
作物	2016	FD03	523	10.5	8.2	10.4	10.5		10.5	0.07	0.7
作物	2016	FE01	396	13.0	12.9	12.5			12.8	0.23	1.8
作物	2016	FE02	397	14.5	14.1	14.2			14.3	0.17	1.2
作物	2016	FE09	398	14.3	14.5	14.0			14.3	0.21	1.5
作物	2016	FE10	399	11.8	11.7	11.8			11.7	0.07	0.6
作物	2016	FE11	400	9.4	9.6	9.7			9.6	0.12	1.3
作物	2016	FE12	401	8.3	8.2	8.4			8.3	0.09	1.1
作物	2016	FE13	402	8.1	8.1	8.0			8.1	0.04	0.5
作物	2016	FF01	403	9.2	9.0	8.9			9.0	0.16	1.8
作物	2016	FF02	404	11.7	11.8	11.6			11.7	0.12	1.0
作物	2016	FF03	405	14.3	14.5	14.5			14.4	0.08	0.6
作物	2016	FF04	406	17.1	17.5	17.2			17.3	0.22	1.3
作物	2018	FA04	606	12.1	11.9	11.9			12.0	0.10	0.8
作物	2018	FA05	607	8.6	8.6	8.7			8.6	0.06	0.7
作物	2018	FA06	608	9.8	9.9	10.0			9.9	0.06	0.6
作物	2018	FA07	609	9.7	10.0	10.0			9.9	0.18	1.8
作物	2018	FB01	610	10.5	10.6	10.6			10.5	0.06	0.6
作物	2018	FB02	611	11.5	11.6	11.5			11.6	0.06	0.5
作物	2018	FB04	612	11.9	11.9	12.1			11.9	0.09	0.8
作物	2018	FB05	614	12.5	12.6	12.3			12.4	0.16	1.3
作物	2018	FB13	616	7.7	7.8	7.9			7.8	0.06	0.8

付表2-6 強熱減量（各反復）データおよびそれらより算出した値

ステーション	採取年度	圃場 No.	試料 No.	反復 1 (%)	反復 2 (%)	反復 3 (%)	反復 4 (%)	反復 5 (%)	平均 (%)	標準偏差 (%)	変動係数 (%)
作物	2018	FB15	617	8.1	8.1	7.9			8.0	0.13	1.6
作物	2018	FB17	618	9.1	8.8	8.9			8.9	0.16	1.8
作物	2018	FB19	619	7.7	7.7	7.8			7.7	0.05	0.6
作物	2018	FB20	620	9.0	8.8	8.8			8.9	0.12	1.3
作物	2018	FB21	621	10.0	10.0	10.1			10.0	0.06	0.6
作物	2018	FB22	622	13.3	13.1	13.4			13.3	0.18	1.4
作物	2018	FB23	623	6.6	6.5	6.6			6.6	0.09	1.4
作物	2018	FB24	624	7.0	7.4	7.0	6.9		7.0	0.08	1.1
作物	2018	FC06	625	10.6	10.6	10.5			10.5	0.07	0.7
作物	2018	FC07	626	7.5	7.4	7.2			7.4	0.15	2.0
作物	2018	FC08	627	7.5	7.6	7.7			7.6	0.10	1.3
作物	2018	FD01	628	11.9	11.7	11.5			11.7	0.22	1.9
作物	2018	FD02	629	11.0	11.0	11.0			11.0	0.04	0.4
作物	2018	FD03	630	11.2	11.0	10.9			11.0	0.15	1.4
作物	2018	FD04	631	11.2	11.5	11.6			11.4	0.20	1.8
作物	2018	FE01	632	13.6	13.4	13.3			13.4	0.13	1.0
作物	2018	FE02	633	13.3	13.0	13.1			13.1	0.14	1.1
作物	2018	FE09	634	14.0	14.0	14.1			14.0	0.02	0.1
作物	2018	FE10	635	12.2	12.4	12.5			12.3	0.12	1.0
作物	2018	FE11	636	9.1	9.1	9.2			9.1	0.07	0.8
作物	2018	FE12	637	8.5	8.4	8.5			8.5	0.09	1.1
作物	2018	FE13	638	8.7	8.8	8.7			8.7	0.05	0.6
作物	2018	FF01	639	9.5	9.6	9.6			9.6	0.06	0.6
作物	2018	FF02	640	12.4	12.3	12.1			12.3	0.18	1.5
作物	2018	FF03	641	12.4	12.4	12.6			12.5	0.13	1.0
作物	2018	FF04	642	16.8	16.1	16.7			16.5	0.38	2.3
作物	2020	FA04	832	10.7	10.9	10.8			10.8	0.07	0.6
作物	2020	FA05	833	8.2	8.1	8.1			8.1	0.02	0.2
作物	2020	FA06	834	9.5	9.4	9.6			9.5	0.11	1.2
作物	2020	FA07	835	9.1	9.4	9.0			9.2	0.18	2.0
作物	2020	FB01	836	9.0	9.1	9.0			9.0	0.05	0.6
作物	2020	FB02	837	10.7	10.6	10.6			10.6	0.05	0.5
作物	2020	FB04	838	9.9	10.2	9.8			10.0	0.18	1.8
作物	2020	FB05	839	13.5	13.4	13.4			13.4	0.09	0.7
作物	2020	FB13	840	5.6	5.8	6.1	6.4	6.3	6.3	0.12	1.9
作物	2020	FB14	841	7.1	7.1	7.1			7.1	0.02	0.3

付表2-6 強熱減量（各反復）データおよびそれらより算出した値

ステーション	採取年度	圃場No.	試料No.	反復	反復	反復	反復	反復	平均	標準偏差	変動係数
				1	2	3	4	5			
				(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
作物	2020	FB15	842	2.9	2.9	3.2	3.7	3.5	3.0	0.17	5.7
作物	2020	FB16	843	8.2	8.1	7.9			8.1	0.14	1.7
作物	2020	FB17	844	5.5	5.0	4.4	5.4	4.9	5.3	0.22	4.2
作物	2020	FB18	845	8.3	10.3	8.2	8.5		8.3	0.14	1.7
作物	2020	FB19	846	7.6	7.7	7.8			7.7	0.11	1.4
作物	2020	FB20	847	8.5	8.4	8.0	8.6		8.5	0.11	1.3
作物	2020	FB21	848	9.0	8.9	8.8			8.9	0.07	0.8
作物	2020	FB22	849	11.4	11.5	11.3			11.4	0.08	0.7
作物	2020	FB23	850	4.4	4.4	4.4			4.4	0.02	0.5
作物	2020	FB24	851	5.4	5.3	5.3			5.3	0.02	0.4
作物	2020	FB25	852	7.4	7.2	7.2			7.3	0.13	1.8
作物	2020	FB26	853	9.2	9.3	9.1			9.2	0.09	1.0
作物	2020	FB27	854	11.0	11.0	11.2			11.1	0.09	0.8
作物	2020	FC01	855	14.4	15.0	14.7			14.7	0.33	2.2
作物	2020	FC02	856	13.1	13.8	13.9	13.5		13.7	0.22	1.6
作物	2020	FC04	857	10.6	10.8	10.7			10.7	0.14	1.3
作物	2020	FC05	858	12.2	13.0	13.5	12.8		13.1	0.33	2.5
作物	2020	FC06	859	18.3	20.2	19.8	17.9	18.3	18.2	0.26	1.4
作物	2020	FC07	860	9.9	10.1	10.0			10.0	0.13	1.3
作物	2020	FC08	861	7.6	7.5	7.3			7.5	0.15	2.0
作物	2020	FC09	862	7.6	7.7	7.4			7.6	0.13	1.7
作物	2020	FC10	863	9.0	6.3	6.3	6.4		6.3	0.05	0.8
作物	2020	FC11	864	7.4	7.1	7.1			7.2	0.19	2.6
作物	2020	FD01	865	10.9	10.8	10.8			10.8	0.07	0.6
作物	2020	FD02	866	10.2	10.4	10.0			10.2	0.16	1.6
作物	2020	FD03	867	10.7	10.4	10.6			10.5	0.15	1.4
作物	2020	FE01	868	12.5	12.5	12.2			12.4	0.13	1.0
作物	2020	FE02	869	11.7	11.7	11.6			11.7	0.09	0.8
作物	2020	FE09	870	13.6	13.2	13.1			13.3	0.30	2.3
作物	2020	FE10	871	9.2	9.5	9.5			9.4	0.16	1.7
作物	2020	FE11	872	9.0	9.2	8.9			9.0	0.17	1.9
作物	2020	FE12	873	8.3	8.1	8.4			8.3	0.13	1.6
作物	2020	FE13	874	8.5	8.5	8.7			8.6	0.11	1.3
作物	2020	FF01	875	6.5	9.2	8.9	9.3		9.1	0.20	2.2
作物	2020	FF02	876	9.8	9.9	9.5			9.7	0.23	2.4
作物	2020	FF03	877	12.5	12.6	12.5			12.6	0.07	0.6

付表2-6 強熱減量（各反復）データおよびそれらより算出した値

ステーション	採取年度	圃場 No.	試料 No.	反復 1 (%)	反復 2 (%)	反復 3 (%)	反復 4 (%)	反復 5 (%)	平均 (%)	標準偏差 (%)	変動係数 (%)
作物	2020	FF04	878	14.6	15.1	14.6			14.8	0.27	1.8

付表2-8 強熱減量（ふるい目の目開き:0.5 mm）データおよびそれらより算出した値

ステーション	採取年度	圃場No.	試料No.	反復1 (%)	反復2 (%)	反復3 (%)	反復4 (%)	反復5 (%)	平均 (%)	標準偏差 (%)	変動係数 (%)
酪農	2020	6	799	11.6	11.7	11.4			11.6	0.12	1.0
酪農	2020	12	805	8.5	8.7	8.7			8.6	0.08	0.9
酪農	2020	27	819	19.1	19.4	19.5			19.3	0.21	1.1
酪農	2020	34	825	9.9	10.0	10.1			10.0	0.12	1.2
酪農	2020	39	830	14.9	15.2	15.0			15.0	0.17	1.1
作物	2020	FB13	840	6.5	6.0	5.3	5.6	6.3	6.3	0.22	3.5
作物	2020	FB15	842	3.6	3.6	3.4			3.5	0.12	3.4
作物	2020	FB26	853	9.2	9.2	9.2			9.2	0.01	0.1
作物	2020	FC02	856	13.6	14.3	14.1			14.0	0.36	2.6
作物	2020	FC06	859	22.3	19.1	20.6	18.4	19.4	19.0	0.51	2.7

付表2-7 強熱減量（ふるい目の目開き:0.5 mm）データ

ステーション	実施順	採取年度	圃場 No.	試料 No.	るつぼ No.	るつぼ (g)	るつぼ+ 風乾土 (g)	るつぼ+ 乾土 (g)	るつぼ+ 強熱土 (g)	強熱 減量 (%)
(反復1)										
作物	1	2020	FB13	840	H40	21.86	31.89	31.62	30.99	6.5
酪農	2	2020	39	830	H30	20.78	30.79	30.25	28.84	14.9
酪農	3	2020	34	825	H68	19.03	29.09	28.75	27.79	9.9
作物	4	2020	FC06	859	H96	20.78	30.86	30.33	28.20	22.3
酪農	5	2020	12	805	H83	20.00	30.05	29.72	28.89	8.5
作物	6	2020	FB15	842	H93	22.43	32.58	32.40	32.04	3.6
作物	7	2020	FC02	856	H14	21.15	31.17	30.78	29.47	13.6
酪農	8	2020	27	819	H97	18.59	28.60	28.01	26.21	19.1
酪農	9	2020	6	799	H81	20.12	30.13	29.63	28.53	11.6
作物	10	2020	FB26	853	H75	19.17	29.27	28.97	28.07	9.2
(反復2)										
作物	11	2020	FC06	859	CC348	19.59	29.60	29.12	27.30	19.1
酪農	12	2020	12	805	CC235	20.00	30.02	29.69	28.85	8.7
酪農	13	2020	27	819	CC47	20.73	30.73	30.13	28.31	19.4
酪農	14	2020	39	830	CC357	19.55	29.55	29.01	27.57	15.2
作物	15	2020	FC02	856	CC340	19.97	30.00	29.62	28.24	14.3
作物	16	2020	FB26	853	CC113	20.07	30.09	29.78	28.89	9.2
酪農	17	2020	6	799	CC248	19.87	29.87	29.38	28.27	11.7
作物	18	2020	FB15	842	CC354	20.36	30.38	30.20	29.85	3.6
作物	19	2020	FB13	840	CC351	19.54	29.56	29.31	28.72	6.0
酪農	20	2020	34	825	CC313	19.63	29.63	29.29	28.32	10.0
(反復3)										
酪農	21	2020	39	830	H58	21.17	31.21	30.64	29.22	15.0
酪農	22	2020	6	799	H56	20.42	30.46	29.95	28.86	11.4
作物	23	2020	FB15	842	H37	19.95	30.21	30.02	29.68	3.4
酪農	24	2020	27	819	H43	19.60	29.78	29.13	27.27	19.5
作物	25	2020	FB26	853	H26	20.47	30.58	30.26	29.36	9.2
作物	26	2020	FB13	840	H87	18.94	29.02	28.80	28.28	5.3
作物	27	2020	FC02	856	H24	20.69	30.73	30.33	28.97	14.1
酪農	28	2020	12	805	H74	21.49	31.52	31.17	30.33	8.7
作物	29	2020	FC06	859	H86	19.48	29.52	28.99	27.03	20.6
酪農	30	2020	34	825	H70	20.74	30.80	30.43	29.45	10.1
(反復4)										

付表2-7 強熱減量（ふるい目の目開き:0.5 mm）データ

ステーション	実施順	採取年度	圃場 No.	試料 No.	るつぼ No.	るつぼ (g)	るつぼ+ 風乾土 (g)	るつぼ+ 乾土 (g)	るつぼ+ 強熱土 (g)	強熱 減量 (%)
作物	31	2020	FB13	840	H44	20.56	30.75	30.53	29.97	5.6
作物 (反復5)	33	2020	FC06	859	N2	23.07	33.10	32.64	30.88	18.4
作物	32	2020	FB13	840	H94	23.35	34.50	34.23	33.54	6.3
作物	34	2020	FC06	859	N32	22.84	33.19	32.70	30.79	19.4

付表2-9 風乾細土作成時の異なるふるい目開きによる強熱減量

ステーション	採取年度	圃場 No.	試料 No.	0.5mm	2 mm	0.5 mm	2 mm
				平均 (%)	平均 (%)	標準偏差 (%)	標準偏差 (%)
酪農	2020	6	799	11.6	11.9	0.12	0.07
酪農	2020	12	805	8.6	8.7	0.08	0.10
酪農	2020	27	819	19.3	20.0	0.21	0.13
酪農	2020	34	825	10.0	10.3	0.12	0.19
酪農	2020	39	830	15.0	15.3	0.17	0.24
作物	2020	FB13	840	6.3	6.3	0.22	0.12
作物	2020	FB15	842	3.5	3.0	0.12	0.17
作物	2020	FB26	853	9.2	9.2	0.01	0.09
作物	2020	FC02	856	14.0	13.7	0.36	0.22
作物	2020	FC06	859	19.0	18.2	0.51	0.26

付表2-10 酪農生産ステーションにおける回帰分析の結果

(強熱減量 (%) = a西暦年 + b)

圃場 No.	n	R	P値	切片 b	傾き a	圃場 No.	n	R	P値	切片 b	傾き a
3	4	0.487	0.513	537	-0.260	23	3	0.156	0.901	-89.5	0.050
5	4	0.239	0.761	-249	0.130	24	4	0.481	0.519	-526	0.270
6	4	0.358	0.642	346	-0.165	25	4	0.993	0.007	-601	0.305
7	4	0.691	0.309	971	-0.475	26	4	0.260	0.740	-116	0.065
8	4	0.805	0.195	-704	0.355	27	4	0.068	0.932	-10.3	0.015
9	4	0.456	0.544	-178	0.095	28	3	0.077	0.951	41.4	-0.014
10	4	0.408	0.592	-221	0.115	29	4	0.583	0.417	-623	0.315
11	4	0.639	0.361	-707	0.355	30	3	0.997	0.046	-793	0.400
12	4	0.438	0.562	-374	0.190	31	4	0.265	0.735	-121	0.065
13	4	0.239	0.761	-332	0.170	32	4	0.049	0.951	50.1	-0.020
14	4	0.899	0.101	-1050	0.525	33	4	0.655	0.345	870	-0.425
15	4	0.734	0.266	-374	0.190	34	4	0.499	0.501	-302	0.155
16	4	0.924	0.077	-938	0.470	35	4	0.737	0.263	1020	-0.500
17	4	0.278	0.722	232	-0.110	36	4	0.754	0.246	-804	0.405
18	4	0.997	0.003	344	-0.165	37	4	0.973	0.027	-1050	0.525
19	4	0.674	0.326	214	-0.100	38	4	0.077	0.923	105	-0.045
20	4	0.085	0.915	-78.8	0.045	39	4	0.705	0.295	1200	-0.585
22	3	0.250	0.839	-687	0.350	40	4	0.301	0.699	577	-0.280

付表2-11 酪農ステーション容積重

(酪農学園フィールド教育研究センター報告2019 p60,61)

ステーション	圃場 No.	仮比重 (g/cm ³)	ステーション	圃場 No.	仮比重 (g/cm ³)
酪農	3	1.1	酪農	25	1.1
酪農	5	1.1	酪農	26	1.0
酪農	6	1.1	酪農	27	0.9
酪農	7	1.1	酪農	28	1.1
酪農	8	1.0	酪農	29	0.9
酪農	9	1.0	酪農	30	データなし
酪農	10	1.1	酪農	31	1.0
酪農	11	1.1	酪農	32	1.1
酪農	12	1.1	酪農	33	1.0
酪農	13	1.0	酪農	34	1.1
酪農	14	1.0	酪農	35	1.0
酪農	15	1.2	酪農	36	1.0
酪農	16	1.1	酪農	37	1.0
酪農	17	1.1	酪農	38	0.9
酪農	18	1.1	酪農	39	0.9
酪農	19	1.1	酪農	40	1.0
酪農	20	1.1	酪農	41	0.8
酪農	22	0.9	酪農	42	0.7
酪農	23	1.0	酪農	44	0.8
酪農	24	0.9	酪農	45	0.8

付表2-12 過去10年間の栽培履歴（出典：酪農学園フィールド教育研究センター報告、および酪農学園大学附属農場農場報告を改変）

No./年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
3	TY	TY	TY	TY	TY	TY	トウモロコシ	トウモロコシ	トウモロコシ	TY	TY
5	OG	OG	トウモロコシ	トウモロコシ	トウモロコシ	トウモロコシ	トウモロコシ	トウモロコシ	トウモロコシ	TY	TY
6	AL	AL	AL	AL	AL	トウモロコシ	トウモロコシ	トウモロコシ	トウモロコシ	トウモロコシ	トウモロコシ
7	AL	AL	AL	AL	AL	トウモロコシ	トウモロコシ	トウモロコシ	トウモロコシ	トウモロコシ	TY
8	TY	TY	トウモロコシ	トウモロコシ	トウモロコシ	トウモロコシ	OG/PR	OG/PR	OG/PR	OG/PR(ALF)	OG/PR(ALF)
9	TY	TY	トウモロコシ	トウモロコシ	トウモロコシ	トウモロコシ	OG/PR	OG/PR	OG/PR	OG/PR(ALF)	OG/PR(ALF)
10	トウモロコシ	TY	TY	TY	TY	TY	トウモロコシ	TY	TY	TY	TY
11	トウモロコシ	TY	TY	TY	トウモロコシ	トウモロコシ	トウモロコシ	TY	TY	TY	TY
12	トウモロコシ	TY	TY	TY	トウモロコシ	トウモロコシ	トウモロコシ	TY	TY	TY	TY
13	トウモロコシ	トウモロコシ	TY	TY	TY	TY	TY	TY	TY	TY	TY
14	トウモロコシ	トウモロコシ	TY	TY	TY	TY	TY	TY	TY	TY	TY
15	AL	AL	AL	トウモロコシ	トウモロコシ	トウモロコシ	トウモロコシ	トウモロコシ	TY	TY	TY
16	AL	AL	AL	トウモロコシ	トウモロコシ	トウモロコシ	トウモロコシ	トウモロコシ	TY	TY	TY
17	AL	AL	AL	AL	AL, OG	AL, OG	AL, OG	トウモロコシ	トウモロコシ	トウモロコシ	トウモロコシ
18	AL	AL	AL	AL	AL, OG	AL, OG	AL, OG	トウモロコシ	トウモロコシ	トウモロコシ	トウモロコシ
19	AL	AL	AL	AL	AL, OG	AL, OG	AL, OG	トウモロコシ	トウモロコシ	トウモロコシ	トウモロコシ
20	TY	TY	TY	TY	TY	TY	TY	トウモロコシ	トウモロコシ	TY	TY
22	放牧地	放牧地	放牧地	放牧地	放牧地	放牧地	放牧地	放牧地	放牧地	放牧地	放牧地
23	長期連用	長期連用	長期連用	長期連用	長期連用	長期連用	長期連用	長期連用	長期連用	長期連用	長期連用
24	トウモロコシ	トウモロコシ	トウモロコシ	トウモロコシ	トウモロコシ	OG/PR	OG/PR	OG/PR	OG/PR	OG/PR	OG/PR
25	TY	TY	TY	TY	TY	TY	TY	TY	トウモロコシ	トウモロコシ	トウモロコシ
26	TY	TY	TY	TY	TY	TY	TY	TY	トウモロコシ	トウモロコシ	トウモロコシ
27	TY	TY	TY	TY	TY	TY	TY	TY	トウモロコシ	トウモロコシ	トウモロコシ
28	AL	AL	AL	トウモロコシ	トウモロコシ	トウモロコシ	トウモロコシ	トウモロコシ	TY	TY	TY
29	AL	トウモロコシ	トウモロコシ	トウモロコシ	TY	TY	TY	TY	TY	TY	TY
30	TY	TY	TY	TY	TY	TY	TY	TY	TY	中小家畜 研究会畜舎	
31	トウモロコシ	トウモロコシ	トウモロコシ	TY	TY	TY	TY	TY	TY	TY	トウモロコシ
32	トウモロコシ	トウモロコシ	トウモロコシ	TY	TY	TY	TY	TY	TY	TY	トウモロコシ
33	TY	TY	TY	TY	OG	OG	OG	OG	OG	OG	OG
34	トウモロコシ	トウモロコシ	トウモロコシ	トウモロコシ	トウモロコシ	OG/PR	OG/PR	OG/PR	OG/PR	OG/PR	OG/PR
35	OG	OG	OG	OG	OG	OG/PR	OG/PR	OG/PR	OG/PR	OG/PR	OG/PR
36	AL	トウモロコシ	トウモロコシ	トウモロコシ	TY	TY	TY	TY	TY	TY	TY
37	AL	トウモロコシ	トウモロコシ	トウモロコシ	TY	TY	TY	TY	TY	TY	TY
38	TY	TY	TY	TY	TY	TY	TY	TY	TY	TY	TY
39	TY	TY	TY	TY	TY	TY	TY	TY	TY	TY更新	TY
40	TY	TY	TY	TY	TY	TY	TY	TY	TY	トウモロコシ	

No. 8の2012年およびNo. 9の2012年について：年報ではトウモロコシとチモシーの記載が両方あった。三枝先生によると、チモシーとする
とトウモロコシが少なくなるので、ここはトウモロコシとして考えるのが自然ではないかと助言をいただいた。

No.23は長期連用圃場となっているが、2004年～2010年までチモシー、2011～2013年までトウモロコシ、2014年からはチモシーとなっ
ている。

No. 33の2014～2016年について：年報ではチモシーと記載されている。しかし、三枝先生によると、この年からオーチャードグラスに優占
されたため、ここはOGとした。

No. 33の2019年および2020年について：年報では2019年はチモシーあるいはオーチャードなどの混播、2020年はオーチャードとペレニア
ルライグラスと記載されている。三枝先生によると、2014年からオーチャードグラスに優占されたため、ここはOGとした。

付表2-13 文京台酪農生産ステーションの圃場履歴と強熱減量変化

圃場 No.	2014→2016年度			2016→2018年度			2018→2020年度		
	圃場履歴	変化%		圃場履歴	変化%		圃場履歴	変化%	
3	GGC	G→C	-3.3	CCC	C→C	1.1	CGG	C→G	0.1
5	CCC	C→C	0.3	CCC	C→C	2.6	CGG	C→G	-2.9
6	GCC	G→C	-1.3	CCC	C→C	2.1	CCC	C→C	-2.6
7	GCC	G→C	-3.5	CCC	C→C	1.9	CCG	C→G	-2.2
8	CCG	C→G	1.3	GGG	G→G	1.4	GGG	G→G	-0.8
9	CCG	C→G	-0.5	GGG	G→G	1.3	GGG	G→G	-0.6
10	GGC	G→C	-0.4	CGG	C→G	1.7	GGG	G→G	-1.1
11	CCC	C→C	1.5	CGG	C→G	2.0	GGG	G→G	-1.8
12	CCC	C→C	0.1	CGG	C→G	2.3	GGG	G→G	-1.9
13	GGG	G→G	-0.1	GGG	G→G	3.7	GGG	G→G	-3.7
14	GGG	G→G	0.7	GGG	G→G	2.4	GGG	G→G	-0.4
15	CCC	C→C	-0.1	CCG	C→G	1.4	GGG	G→G	-0.5
16	CCC	C→C	0.8	CCG	C→G	1.9	GGG	G→G	-0.2
17	GGG	G→G	1.4	GCC	G→C	-0.1	CCC	C→C	-2.0
18	GGG	G→G	-0.3	GCC	G→C	-0.3	CCC	C→C	-0.4
19	GGG	G→G	0.4	GCC	G→C	-0.8	CCC	C→C	0.0
20	GGG	G→G	2.3	GCC	G→C	0.3	CGG	C→G	-2.4
23	GGG	G→G		GGG	G→G	1.2	GGG	G→G	-1.0
24	CGG	C→G	0.6	GGG	G→G	2.7	GGG	G→G	-2.4
25	GGG	G→G	0.7	GGC	G→C	0.7	CCC	C→C	0.4
26	GGG	G→G	1.4	GGC	G→C	-0.2	CCC	C→C	-0.7
27	GGG	G→G	1.2	GGC	G→C	-1.2	CCC	C→C	0.5
28	CCC	C→C	-1.1	CCG	C→G		GGG	G→G	
29	GGG	G→G	2.8	GGG	G→G	0.3	GGG	G→G	-1.1
30	GGG	G→G	0.9	GGG	G→G	0.7			
31	GGG	G→G	1.5	GGG	G→G	-0.5	GGC	G→C	-0.4
32	GGG	G→G	0.8	GGG	G→G	1.1	GGC	G→C	-2.4
33	GGG	G→G	0.2	GGG	G→G	0.5	GGG	G→G	-3.7
34	CGG	C→G	0.6	GGG	G→G	1.3	GGG	G→G	-1.3
35	GGG	G→G	-2.4	GGG	G→G	1.7	GGG	G→G	-3.2
36	GGG	G→G	1.2	GGG	G→G	2.1	GGG	G→G	-1.3
37	GGG	G→G	1.8	GGG	G→G	0.6	GGG	G→G	0.9
38	GGG	G→G	0.1	GGG	G→G	2.4	GGG	G→G	-3.6
39	GGG	G→G	0.8	GGG	G→G	-0.3	GGG	G→G	-4.3
40	GGG	G→G	2.7	GGG	G→G	0.4			

※ No.22圃場は継続的に放牧地であるため除外した。

※アルファルファ、オーチャードグラス、ペレニアルライグラス、チモシー、およびそれらの混播をG（Grasslandの頭文字）とし、飼料用トウモロコシをC（Cornの頭文字）とした。英文字3文字の文字列（例：CCC）は連続した3年間の圃場履歴を示し、→を用いた文字列（C→C）は連続した3年間の開始年と最終年の圃場履歴を示している。

※「変化%」は、例えば、2014→2016年度であれば「2016年強熱減量% - 2014年強熱減量%」を計算した値である。