

朝霧高原根原地区の半自然草原におけるススキ(Miscanthus sinensis)およびヨシ(Phragmites australis)優占群落下の土壌断面形態と理化学的特徴

|       |                                  |
|-------|----------------------------------|
| 誌名    | ペドロジスト                           |
| ISSN  | 00314064                         |
| 著者名   | 中塚,博子<br>木村,有希<br>山田,晋<br>野口,有里紗 |
| 発行元   | ペドロジスト編集部                        |
| 巻/号   | 68巻1号                            |
| 巻号補足  |                                  |
| 掲載ページ | p. 3-18                          |
| 発行年月  | 2024年6月                          |

## 論 文

# 朝霧高原根原地区の半自然草原における ススキ (*Miscanthus sinensis*) およびヨシ (*Phragmites australis*) 優占群落下の土壌断面形態と理化学的特徴

中塚博子 <sup>\*1,\*2</sup>・木村有希 <sup>\*1</sup>・山田 晋 <sup>\*1</sup>・野口有里紗 <sup>\*1</sup>

キーワード：黒ボク土，半自然草原，イネ科草本，土壌母材，土壌分類

## 要 旨

静岡県富士山西麓の朝霧高原根原地区には、在来イネ科草本を主体とした半自然草原が分布する。根原地区では、富士由来の溶岩流と天守山地からの沖積堆積物が土壌母材として混在する境界域に、ススキ優占の草本群落（地点1）とヨシ優占の草本群落（地点2）が隣接する地点が存在する。本研究では、上記イネ科草本群落に位置する土壌の断面形態と理化学的特徴を明らかにし、両イネ科草本が分布を異にする要因について考察した。調査地点間で土壌断面形態と理化学性は異なり、地点1は、下層に亜角～亜円大礫が存在し、富士由来火山放出物の再堆積物を母材とした土壌であった。また、日本土壌分類体系（2017）では、厚層アロフェン質黒ボク土に分類された。一方、地点2は39～65 cmに埋没腐植層が観察され、酸性シュウ酸塩溶液可溶のAl、Fe、Si含量、アロフェン含量およびリン酸吸収係数から、火山放出物由来の土壌物質に沖積堆積物が混入して再堆積した土壌であることが示された。日本土壌分類体系（2017）では、埋没腐植質アロフェン質黒ボク土に分類された。また、地点1は地点2と比較して、礫と粗砂含量、表層の飽和透水係数および無機態窒素量が高くなった。一方、地点2は地点1と比較して、交換性カリウム量と可給態リン酸量（プレイ第二法）が高い傾向であった。以上から、ススキ優占の草本群落とヨシ優占の草本群落は、土壌母材（火山放出物と沖積堆積物）の堆積割合が異なり、その違いに起因する礫と粗砂含量、表層の透水性および可給態養分（P、K、N）の違いにより分布が異なると考えられた。

## 1. はじめに

半自然草原は、火入れ、草刈り、放牧などの人為的管理によって維持されてきた生態系である。半自然草原は近代まで主に農業活動や生活に利用されてきたが、1960年代以降、草原に依存する畜産、堆肥生産、茅葺屋根のための茅の生産の需要が減少し、その面積規模は減少、縮小している（大窪，2002；小椋，2006）。現在、日本の主な半自然草原の分布は、宗谷丘陵、北上高地、富士山麓、伊豆半島、そして阿蘇－久住地域に偏在しており、その総面積は国土陸地面積のわずか1.6%である（Matsuura *et al.*, 2012）。半自然草原は、希少な動植物の生息場所であることが報告

されており（藤井，1999；Kitahara and Sei, 2001）、生物多様性保全の場としての重要性が認識されている（大窪，2002）。そのため、半自然草原の変遷史に関する調査（須賀，2008；須賀，2010；井上ら，2021；八巻，2021）や植物群落のモニタリング調査（山戸ら，2001；山本，2001；山本ら，2002；新井・大窪，2014；井上・高橋，2016）、適切な保全および管理に向けた研究（小路ら，2001；高橋，2004；井上・高橋，2009；金子ら，2012；山戸ら，2013）が進められている。一方、半自然草原の種多様性は地域間差が大きく、地域ごとに固有種が存在しているため、各地域での半自然草原生態系の詳細な調査および保全管理が必要となる（Koyama *et al.*, 2018）。

<sup>\*1</sup> 東京農業大学農学部（〒243-0034 神奈川県厚木市船子1737）<sup>\*2</sup> E-mail：hm206788@nodai.ac.jp

2023年8月7日受付・2024年2月1日受理

静岡県富士山西麓の朝霧高原根原地区 (Fig. 1) は、在来イネ科草本を主体とした半自然草原が約 152 ha の規模で存在する (根原区・朝霧高原活性化委員会, 2018a)。茅場として江戸期より 300 年余にわたって火入れが行われていたとされ、2012 年には文化財建造物修復用の茅を産出する茅場の保全を目的として、文化庁により「ふるさと文化財の森朝霧高原茅場」に設定された (根原区・朝霧高原活性化委員会, 2018b; 2018c)。過去には 1998 年頃から 10 年間近く火入れを休んでいた時期が国道 139 号東側で存在したが、2007 年より富士宮市が根原地区とともに火入れ事業を行うようになり、以降は毎年 4 月上旬に火入れが継続して行われている。朝霧高原の土地利用については、比較的地形の平坦な場所で、1944 年頃から 1960 年代半ばまで外来牧草を導入した酪農が行われた (中山,

2013; 根原区・朝霧高原活性化委員会, 2018a)。現在は、3 年間程度の休閑期間を設けた切り替え畑でのダイコン栽培が主として行われている (中山, 2013)。

根原地区の半自然草原の大部分は、在来ススキ草原およびススキネザサ草原であり (小島ら, 2008)、一部の浅い谷筋ではヨシが分布する (根原区・朝霧高原活性化委員会, 2018a)。静岡県レッドデータブック〈植物・菌類編〉 (静岡県くらし・環境部環境局自然保護課, 2020) において絶滅危惧Ⅱ類に指定されたキスミレをはじめ、カワラナデシコやサワヒヨドリなどの数多くの草索性植物も観察される (根原区・朝霧高原活性化委員会, 2018d)。朝霧高原根原地区の半自然草原に関して、火入れ管理の違いによる草索性植物の調査 (小島ら, 2008) やススキの草丈およびパイオマス調査 (Miura *et al.*, 2020)、チョウ類群集の調査

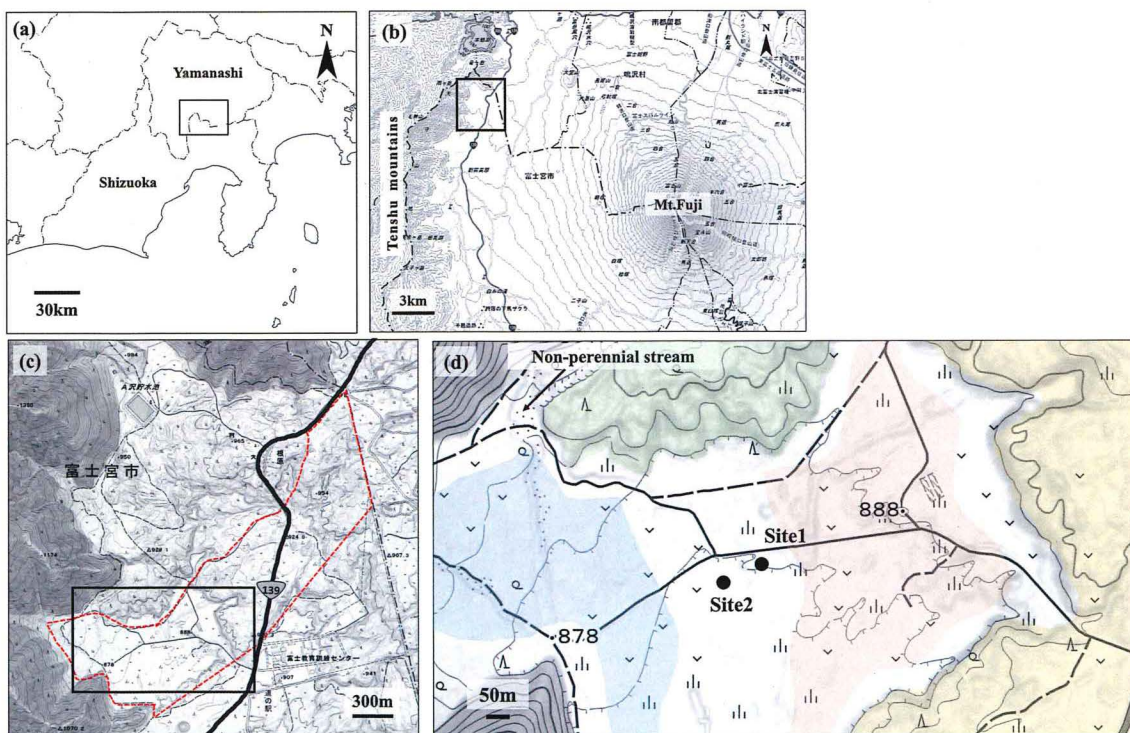


Fig. 1. Location of the study sites. (a) and (b) Location of Asagiri Highland. Fig. (b) is a magnified view of the area indicated by the black square in Fig. (a). (c) Location of the burning area in Asagiri Highland. Fig. (c) is a magnified view of the area indicated by the black square in Fig. (b). The area enclosed by the dotted red line indicates the burning area of Nebara in Asagiri Highland. The Nebara area is divided into the east and west areas by national route 139. (d) Location of the study sites (Site 1: *Miscanthus sinensis*; Site 2: *Phragmites australis*). Fig. (d) is a magnified view of the area indicated by the black square in Fig. (c). In the Fig. (d), green area shows Nebara lava flow, yellow area shows Asagiri lava flow, red area shows Asagirikogen lava flow, and blue area is alluvium. The map is prepared using digital map data supplied by the Geospatial Information Authority of Japan (<https://maps.gsi.go.jp/#15/35.420496/138.592315>). Fig (d) is colored with reference to Geological map of Fuji volcano (second edition) (Takada *et al.*, 2016).

(Kitahara *et al.*, 2000; Kitahara and Sei, 2001) が報告されているが、本地域での植物群落と土壌に関する詳細な調査研究は不足している。

朝霧高原を含む富士西麓地域の地形は、富士山体からの噴火年代の異なる玄武岩質溶岩流による階段状溶岩原が形成されている(加藤・近藤, 1960)。朝霧高原根原地区 (Fig. 1 (c)) で標高の高い北東部から南西の方角の延長線上に、3~4 段のなだらかな段のあるスロープが形成されており、上部は富士由来の根原溶岩流 (4.25~3.45 cal ka BP)、一段低い朝霧溶岩流 (9.95~7.25 cal ka BP)、さらに一段低い朝霧高原溶岩流 (10.75~8.95 cal ka BP) から沖積地へと緩斜面で続く(高田ら, 2016a; 高田ら, 2016b)。潤れ沢を挟んで根原地区の西側に毛無山を含む天守山地および扇状地が存在する。朝霧高原溶岩流と天守山地からの沖積堆積物が土壌母材として混在する境界域に、ススキ (*Miscanthus sinensis*) 優占の草本群落とヨシ (*Phragmites australis*) 優占の草本群落が隣接して分布する地点が存在する (Fig. 1 (d))。ヨシは抽水植物で

あり、河川や湖沼の水際または湧水等が認められる湿潤な環境で生育し、ススキは水際より標高の高い陸域に分布する(伊藤ら, 2005)。上記のイネ科草本が分布を異にする要因として、土壌水分含量および土性が関与する(陣野・梅野, 1995)。また、小路ら (2001) は、半自然草原における草原性植物の分布や出現数を決定する要因として、土壌の有効水分量や土壌の液相率が影響していることを報告している。一方、在来の草原性植物の分布に、土壌 pH および土壌中の有効態リン酸が関与していることが明らかとされている(平館ら, 2008; 平館, 2012)。また、ススキおよびヨシの生育についても、土壌中のリン酸量が影響している(田中ら, 2002; 当真ら, 2012; Li *et al.*, 2012)。朝霧高原根原地区の上記境界域の標高は約 890~870 m で、富士山の基盤となる難透水下層が存在せず、新富士中期溶岩が分布する溶岩台地であるため(早川, 1995)、地下水および難透水下層による停滞水の影響はほとんどないと考えられる。一方、ススキ優占群落およびヨシ優占群落の境界域は、朝霧高原溶岩流および天守山

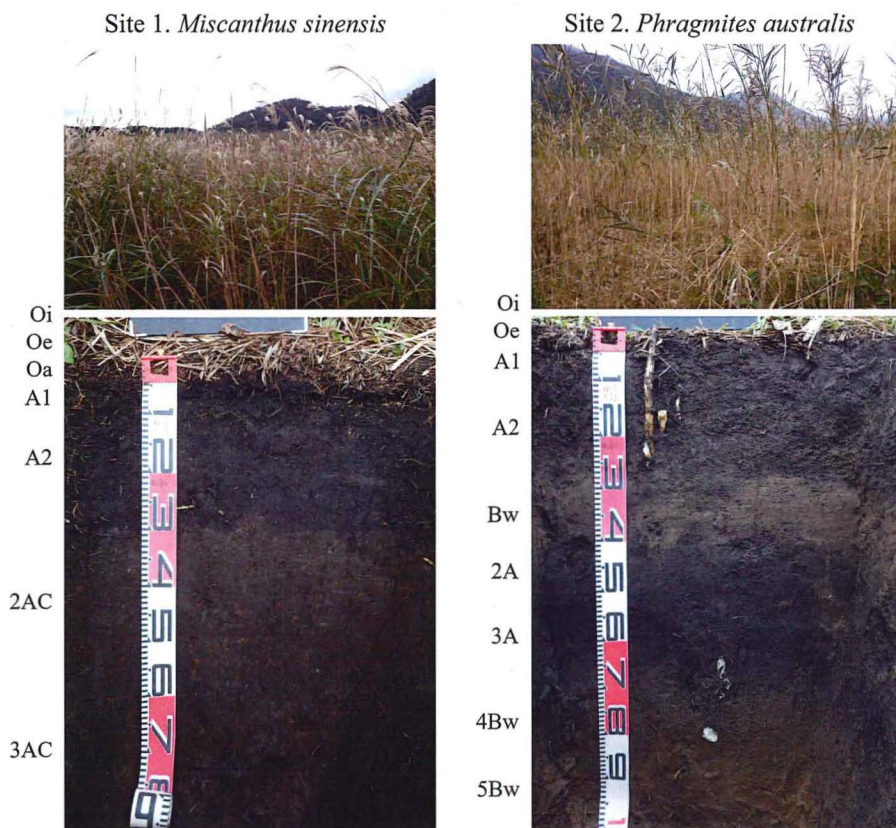


Fig. 2. Vegetation landscapes and soil profiles of two study sites.

地由来の沖積堆積物が混在する境界地点であり、これらの土壌母材の堆積割合の違いが土壌の理化学性に影響し、上記イネ科草本の植生分布が異なることが予測される。

そこで本研究は、朝霧高原根原地区の半自然草原において、ススキ優占群落およびヨシ優占群落下の土壌断面および理化学性の特徴を明らかにし、上記イネ科草本が分布を異にする要因を推定することを目的とした。

## 2. 試料および方法

### 2.1 調査地の概要

調査は2019年10月16日～18日に行った。調査地は、静岡県富士宮市根原地区の半自然草原であり、ススキが優占する草本群落（地点1）とヨシが優占する草本群落（地点2）である（Fig. 1 (d)）。地点1は北緯35度24分57.3秒、東経138度34分55.2秒、標高873.2 mに位置し、地点2は北緯35度24分56.0秒、東経138度34分53.2秒、標高872.2 mに位置する。調査地近郊の年平均気温は16.2℃（静岡県富士、標高66 m, 1991～2020年統計データ；気象庁 a）、朝霧高原道の駅（標高907 m）付近の6～9月の平均気温は16.4～21.9℃（道の駅朝霧高原；YamaReco）である。年降水量は2,342 mmで、内6～9月降水量は1,148 mm（静岡県白糸、標高530 m, 1991～2020年統計データ；気象庁 b）である。地点1および地点2ともに野草地であり、毎年4月上旬に経年的な火入れを行っている。なお、聞き取り調査から両地点ともに、過去に切り替え畑でのダイコン栽培を行った経歴があるが、調査年から過去約10～14年間はダイコン栽培による耕耘や施肥などの農業管理は行われていない。

地点1および地点2の地質は、富士起源の朝霧高原溶岩流と朝霧高原溶岩流を覆う天守山地由来の沖積堆積物である（Fig. 1 (d)）。朝霧高原溶岩流は玄武岩質溶岩であり、組成はSiO<sub>2</sub>: 50.2 wt.%, MgO: 5.2 wt.%, K<sub>2</sub>O: 0.9 wt.%である（高田ら, 2016b）。天守山地北部の地質は、西八代層群（中新世前期～中期；23.03～11.63 Ma BP）と富士川層群（中新世後期～鮮新世；11.63～2.58 Ma BP）からなり、天守山地北部の毛無山山地帯には、主に西八代層群が分布している（山本・島津, 1998；年代値はCohen *et al.*, 2023を参照）。西八代層群は海底火山噴出物を主とし、ソレアイト質玄武岩やデイサイト、泥岩層からなり、ア

ルカリ岩も認められる（山本・島津, 1998；山本ら, 2008）。これらの岩石の化学組成はSiO<sub>2</sub>: 48.1～79.3 wt.%, MgO: 0.2～8.9 wt.%, K<sub>2</sub>O: 0.2～2.5 wt.%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 0.1～0.2 wt.%である（山本・島津, 1998；山本ら, 2008）。

### 2.2 調査・分析方法

上述の調査地において、2 m × 2 m のコドラートを設置し、コドラート内に出現した植物種を同定した。さらに、コドラートの面積を100%とし、同定した植物種ごとに、各植物種がコドラート内を占める割合を被度（%）として目視により算出した。なお、被度が5%未満の場合は「+」と表記した。

さらに、地点1で65 cm、地点2で100 cmの試坑を作成し、土壌調査ハンドブック改訂版（日本ペドロロジー学会編, 1997）に従い土壌断面調査を行った。土壌試料は断面毎に各層位にて採取し、風乾後2 mmの篩に通し、分析に供試した。また100 mLステンレスコアにて地点1では深さ0～5 cm, 10～15 cm, 30～35 cm、地点2では深さ0～5 cm, 10～15 cm, 25～30 cmで不攪乱土壌試料を3連で採取し、物理性分析に供試した。

土壌理化学性については、次の項目を分析した：三相分布、含水率、仮比重、真比重、孔隙率、飽和透水係数、粒径組成、pH(H<sub>2</sub>O), pH(KCl), pH(NaF)、全炭素と全窒素、無機態窒素（硝酸態窒素、アンモニア態窒素）、リン酸吸収係数、可給態リン酸、交換性陽イオン（Ca, Mg, K）および陽イオン交換容量（CEC）、0.2 mol L<sup>-1</sup>酸性シュウ酸塩可溶のSi（Si<sub>0</sub>）、Al（Al<sub>0</sub>）、Fe（Fe<sub>0</sub>）、0.1 mol L<sup>-1</sup>ピロリン酸塩可溶のAl（Al<sub>p</sub>）、Fe（Fe<sub>p</sub>）。分析方法は、pH(NaF)はBlakemore *et al.* (1987)に準じた。無機態窒素は、土壌：2M KCl溶液を1：5で抽出後、フローインジェクション分析装置（FA-100 シリーズ、株式会社アクア・ラボ）にて定量した。フローインジェクション分析法は、運搬溶液と発色試薬溶液をチューブで連続送液させる中に試料液を注入して反応・発色させて、分光光度計にて目的元素を定量する方法である（竹迫, 1991）。本分析装置は、アンモニア態窒素はインドフェノール青吸光度法、硝酸態窒素および亜硝酸態窒素はスルファニルアミド・ナフチルエチレンジアミン吸光度法を採用している。その他の項目は土壌環境分析法（土壌環境分析法編集委員会, 1997）に従った。実容積はデジタル実容積測定装置（DIK-1150, 大起

理化学工業株式会社)で、全炭素と全窒素はCNコーダー(JM1000CN, ジェイ・サイエンス・ラボ)で測定した。飽和透水係数は変水位法で、可給態リン酸はブレイ第二法(準法)で測定した。交換性陽イオンはバッチ法 - b で抽出作業を行い、原子吸光分光光度計(AA-700, 島津製作所)で測定した。CECは交換性陽イオン浸出後のサンプルを用いて  $1.83 \text{ mol L}^{-1}$  NaCl でアンモニウムイオンを浸出し、セミマイクロ蒸留法で定量を行った。酸性シュウ酸塩可溶のSiはケイ素の吸光光度定量法(土壌環境分析法編集委員会, 1997; Weaver *et al.*, 1968)にて反応・発色後、分光光度計(V-630, JASCO Corp.)の波長650 nmで吸光光度を測定して定量した。酸性シュウ酸塩可溶のAl, Feおよびピロリン酸塩可溶のAl, Feは原子吸光分光光度計(AA-700, 島津製作所)で定量した。アロフェン含量は選択溶解法で得られたAl含量とSi含量から, Parfitt and Wilson (1985), Yamada *et al.* (2011) および Watanabe *et al.* (2023) を参照して推定した。アロフェン含量は、 $\text{Si}_0 / [-0.067 \times (\text{Al}_0 - \text{Al}_p / \text{Si}_0) + 0.27]$  の数式を用いて算出した。

土壌物理性測定結果について、各地点間の同層位において、Welch の t 検定を行った。また、土壌の全炭素含量とCECについて、Shapiro-Wilk の検定を行って正規性を確かめた後、ピアソンの相関係数を算出した。統計解析はJMP 14.2で行った。

### 3. 結果および考察

#### 3.1 各地点の出現植物種

各地点の植物種の記載をTable 1, Table 2に示した。ススキは乾性の半自然草原に典型的な優占種であり、ヨシは湿性の半自然草原に典型的な優占種である。地点1はススキ優占の植生であり、ススキの草丈は群落内の最大値で180 cm、被度は70%であった。なお、地点1はススキの密生している箇所が大部分を占めており、密生部分のススキ被度は100%であった。地点2はヨシ優占の植生であり、ヨシの草丈は群落内の最大値で300 cm、被度は50%となった。その他の植物種の被度は、コブナグサ(20%)、ヌカキビ(10%)、キンエノコロ(10%)となった。また、両地点ともに

Table 1. Plant species in site1.

| Date                                                 | 17 Oct. 2019                          |              |
|------------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------|
| Plot size                                            | 2 m × 2 m                             |              |
| Maximum height of the community                      | 180 cm ( <i>Miscanthus sinensis</i> ) |              |
| Number of species                                    | 20                                    |              |
| Species                                              | Life history                          | Coverage (%) |
| <i>Miscanthus sinensis</i>                           | Perennial                             | 70           |
| <i>Potentilla freyniana</i>                          | Perennial                             | 5            |
| <i>Onoclea sensibilis</i> var. <i>interrupta</i>     | Perennial                             | +            |
| <i>Arthraxon hispidus</i>                            | Annual                                | +            |
| <i>Microstegium vimineum</i>                         | Annual                                | +            |
| <i>Arundinella hirta</i>                             | Perennial                             | +            |
| <i>Astilbe microphylla</i>                           | Perennial                             | +            |
| <i>Geranium thunbergii</i>                           | Perennial                             | +            |
| <i>Glycine max</i> subsp. <i>soja</i>                | Annual                                | +            |
| <i>Lespedeza cuneata</i> var. <i>cuneata</i>         | Perennial                             | +            |
| <i>Rosa onoei</i> var. <i>hakonensis</i>             | Woody                                 | +            |
| <i>Rubus parvifolius</i>                             | Woody                                 | +            |
| <i>Sanguisorba officinalis</i>                       | Perennial                             | +            |
| <i>Pilea hamaoi</i>                                  | Annual                                | +            |
| <i>Celastrus orbiculatus</i> var. <i>orbiculatus</i> | Woody                                 | +            |
| <i>Oxalis dillenii</i>                               | Annual                                | +            |
| <i>Persicaria sagittata</i> var. <i>sibirica</i>     | Annual                                | +            |
| <i>Lysimachia clethroides</i>                        | Perennial                             | +            |
| <i>Lycopus maackianus</i>                            | Perennial                             | +            |
| <i>Erigeron annuus</i>                               | Annual                                | +            |

Annuals include biennials.

+ means coverage < 5%.

Table 2. Plant species in site 2.

| Date                                        | 17 Oct. 2019                           |              |
|---------------------------------------------|----------------------------------------|--------------|
| Plot size                                   | 2 m × 2 m                              |              |
| Maximum height of the community             | 300 cm ( <i>Phragmites australis</i> ) |              |
| Number of species                           | 13                                     |              |
| Species                                     | Life history                           | Coverage (%) |
| <i>Phragmites australis</i>                 | Perennial                              | 50           |
| <i>Arthraxon hispidus</i>                   | Perennial                              | 20           |
| <i>Panicum bisulcatum</i>                   | Annual                                 | 10           |
| <i>Setaria pumila</i>                       | Annual                                 | 10           |
| <i>Microstegium vimineum</i>                | Annual                                 | +            |
| <i>Potentilla hebiichigo</i>                | Perennial                              | +            |
| <i>Humulus scandens</i>                     | Annual                                 | +            |
| <i>Pilea hamaoi</i>                         | Annual                                 | +            |
| <i>Persicaria nepalensis</i>                | Annual                                 | +            |
| <i>Persicaria posumbu</i>                   | Annual                                 | +            |
| <i>Stachys aspera</i> var. <i>hispidula</i> | Perennial                              | +            |
| <i>Erigeron annuus</i>                      | Annual                                 | +            |
| <i>Boehmeria</i> sp.                        | Perennial                              | +            |

Annuals include biennials.

+ means coverage < 5 %.

ススキとヨシは混生していなかった。

地点1と地点2に出現した総出現種数は、それぞれ20種、13種であり、総出現種数に占める一年草の割合は、地点1で30%、地点2で約70%だった。それぞれの一年草の割合は、火入れが実施されているススキ優占植生（小柳ら、2007）とヨシ優占植生（宮脇、1986）の結果よりもいずれも高かった。一方、それぞれの半自然草原を特徴づける植物種を記録した宮脇（1986）を参照すると、地点1ではミツバツチグリとワレモコウの2種と少なく、地点2では1種も出現しなかった。一般に、半自然草原が農地に改変されると、その後数十年程度は半自然草原の植生が回復せず、一年草や外来種の割合が高いまま推移することが知られる（Cramer and Hobbs, 2007）。本調査地でも、両地点に共通して出現したヒメジョオンや、地点1のキンエノコロとヌカキビは、耕作畑を特徴づける（宮脇、1986）一年草ないし二年草であった。これらより、両調査地点は、耕作放棄地に典型的な植生であり、一時的に半自然草原とは異なる植生が成立した状態であることが確認された。

### 3.2 各地点の土壌断面形態

各地点の断面記載を Table 3、土壌断面写真を Fig. 2 に示した。地点1と地点2では異なる土壌断面形態が観察された。地点1では、表層から +6 cm の

厚さで Oi 層、+4 cm で Oe 層、+2 cm で Oa 層が観察された。無機質層位は、深さ 0~24.5 cm に黒色 (10YR1.7/1) を呈した A 層、深さ 24.5~57.5 cm に腐朽細礫 (5YR4/6, 赤褐) が混在する 2AC 層、深さ 57.5~65+cm に半風化の亜角~亜円大礫が 45% の割合で存在する 3AC 層が認められた。土壌構造について、地点1の A1 層と A2 層で団粒状構造および亜角塊状構造、2AC 層と 3AC 層で亜角塊状構造の発達が認められた。町田 (1964) は、富士北西麓の朝霧高原地域は、富士由来溶岩流の上にうすい再積性の褐色火山灰層があることを報告している。また、加藤・近藤 (1960) は、朝霧高原根原地区では、エカスマサと呼ばれる黒褐色の基色中に風化した赤褐色スコリア粒子を斑点状に多く含む層が分布することを報告している。エカスマサは、侵食を受けて再移動中に他の土層の腐植に富む粒子と混合したと考えられており（加藤・近藤、1960）、大沢降下スコリア堆積物（大沢ラピリ層）を母材とする（町田、1964）。なお、大沢降下スコリア堆積物の起源は新富士頂上火口とされ（町田、1964）、年代は 3.35 cal ka BP である（山元ら、2005）。以上から、地点1の赤褐色の腐朽細礫を含む 2AC 層はエカスマサと呼ばれる再堆積層、半風化の亜角~亜円大礫は富士由来の溶岩流であると考えられた。また、2AC 層と 3AC 層の礫の形状や 2AC 層内での腐朽礫の分布が均一であること、エカスマサに関す

Table 3. Soil profile descriptions of two study sites (site 1 and site 2).

| Horizons                            | Depth (cm) | Soil color <sup>a</sup> | Rock fragment <sup>b</sup> | Soil structure <sup>c</sup> | Compactness <sup>d</sup> (mm) | Roots <sup>e</sup>   | Wetness <sup>f</sup> |
|-------------------------------------|------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|----------------------|----------------------|
| Site 1. <i>Miscanthus sinensis</i>  |            |                         |                            |                             |                               |                      |                      |
| Oi, Oe, Oa                          | +6-+4-+2-0 |                         |                            |                             |                               |                      |                      |
| A1                                  | 0-6.5      | 10YR1.7/1               | fe/2/sr/g                  | 3/c/cr, 1/c/sb              | 14                            | ma/vf, fe/f          | MM                   |
| A2                                  | 6.5-24.5   | 10YR1.7/1               | n                          | 1/m/cr, 2/m-c/sb            | 21                            | ma/vf, fe/f, fe/m    | MM                   |
| 2AC                                 | 24.5-57.5  | 7.5YR2/2                | fe/2/sa/g, c/3/sa-sr/fg    | 2/m-c/sb                    | 27                            | co/vf, vfe/f         | MM                   |
| 3AC                                 | 57.5-65+   | 7.5YR2/2                | ab/2/sa-sr/g-ls            | 2/f-c/sb                    | 23                            | fe/vf, vfe/f         | MM                   |
| Site 2. <i>Phragmites australis</i> |            |                         |                            |                             |                               |                      |                      |
| Oi, Oe                              | +2-+1-0    |                         |                            |                             |                               |                      |                      |
| A1                                  | 0-3        | 10YR2/2                 | n                          | 2/f-m/cr, 2/m/sb            | 5                             | ma/vf, vfe/f         | MM                   |
| A2                                  | 3-26       | 10YR2/2                 | n                          | 3/f-m/cr, 1/m/sb            | 16                            | ma/vf, vfe/f         | MM                   |
| Bw                                  | 26-39      | 2.5Y3/2                 | fe/1/sr/fg                 | 2/m-c/sb                    | 18                            | co/vf, vfe/f         | MM                   |
| 2A                                  | 39-51      | 10YR2/2                 | n                          | 2/f-m/cr, 2/f-c/sb          | 17                            | fe/vf, fe/f          | MM                   |
| 3A                                  | 51-65      | 10YR1.7/1               | n                          | 2/f-m/cr, 2/m-c/sb          | 16                            | fe/vf, vfe/f, vfe/m  | MM                   |
| 4Bw                                 | 65-83      | 10YR3/2                 | n                          | 2/m-c/sb                    | 19                            | vfe/vf, vfe/f, vfe/m | MM                   |
| 5Bw                                 | 83-100+    | 10YR3/3                 | n                          | 2/m-c/sb                    | 18                            | vfe/vf, vfe/f, vfe/m | M-MM                 |

<sup>a</sup> Based on Munsell color chart.

<sup>b</sup> Abundance: n: no rock fragment, fe: few, c: common, ab: abundant; State of weathering: 1: fresh, 2: slightly weathered, 3: strongly weathered; Shape: sa: subangular, sr: subrounded; Size: fg: fine gravel, g: gravel, ls: large stone.

<sup>c</sup> Grade: 1: weak, 2: moderate, 3: strong; Size: f: fine, m: medium, c: coarse; Type: cr: crumb, sb: subangular blocky.

<sup>d</sup> Measured by soil hardness meter (DIK-5553, Daiki).

<sup>e</sup> Abundance: vfe: very few, fe: few, co: common, ma: many; Size: vf: very fine, f: fine, m: medium, c: coarse.

<sup>f</sup> Wetness: MM: moderately moist, M: moist.

る先行研究の報告（加藤・近藤，1960）などから，地点1は母材の大部分が水や重力の作用により移動，再堆積した堆積物であると考えられた。

地点2では，表層から+2 cmの厚さで Oi 層，+1 cm で Oe 層が観察された。無機質層位は，深さ 0~26 cm に黒褐色（10YR2/2）を呈した A1 層と A2 層，26~39 cm に黒褐色（2.5Y3/2）の Bw 層，39~65 cm に黒褐〜黒色（10YR2/2，10YR1.7/1）の埋没腐植層である 2A 層と 3A 層，65~83 cm に黒褐色（10YR 3/2）の 4Bw 層，83~100+cm に暗褐色（10YR 3/3）の 5Bw 層が観察された。また，26~39 cm の Bw 層（未風化亜円細礫 1%）を除き礫は認められなかった。土壌構造は，Bw 層を除く A1 層~3A 層で団粒状構造と亜角塊状構造が発達しており，Bw 層，4Bw 層および 5Bw 層で亜角塊状構造が認められた。39~65 cm（2A，3A 層）に埋没腐植層が観察されたことや最表層（A 層）の土色が地点1よりも黒色が淡いことから，地点2は富士由来の火山放出物を母材とした土壌物質の再堆積物だけではなく，天守山地由来の沖積堆積物が混入しながら再堆積したことが示唆された。また，再堆積した沖積堆積物中には礫の混入がほとんど認められなかった。

根の分布について，地点1では A1 層と A2 層で細

根が多く認められ，Oa 層ではルートマットが形成していた。また，細根は 3AC 層まで観察された。ススキは一般的に深根性で根の密度は上層部に多いが，再堆積を受けると，埋没した地下茎は枯死せずに埋没した節に不定芽や不定根を生じて階段状に伸びる（矢野，1965）。本調査地の地点1は，最表層の Oa 層にススキ根によるルートマットが形成されていたことから，耕作などの人為的攪乱は数年間は行われていなかったと考えられた。一方，地点2では 0~83 cm までヨシの地下茎が認められた。ヨシ地下茎の寿命は 3~6 年であり（Haslam, 1972），ヨシの地下茎は土壌深度 10~200 cm で観察されたことが報告されている（Shaltout *et al.*, 2006）。また，ヨシの地下茎は，通常湿った土壌では深度 50~180 cm であるが，より乾燥した土壌ではそれ以深に分布する（Haslam, 1973）。地点2のヨシ地下茎も一般的なヨシの地下茎と同様の深度で観察された。以上から，イネ科草本であるススキとヨシは，土壌の垂直断面での根および地下茎の分布が異なった。

土壌の乾湿について，地点2の 5Bw 層で湿〜半湿を示した以外は，両地点で半湿であった。また，両地点ともに斑紋が認められなかったため，土壌還元が起こるほどの水の停滞はなく，排水性が良い土壌である

ことが考えられた。

### 3.3 各地点における土壌物理性

各地点の土壌断面における物理性の分析結果を Table 4 に示した。2 地点の同層位の土壌物理性について比較すると、地点 1 は地点 2 よりも固相率 (12~16 % 対 23~29 %) および仮比重 ( $0.30 \sim 0.37 \text{ Mg m}^{-3}$  対  $0.57 \sim 0.76 \text{ Mg m}^{-3}$ ) が全ての層位で有意に低くなった。孔隙率は、地点 1 の全層位 (84~88 %) で地点 2 (71~77 %) よりも有意に高い値を示した。また、地点 1 の A2 層と 2AC 層の液相率はそれぞれ 67 % と 72 %, 地点 2 の A2 層と Bw 層の液相率は 51 % と 58 % となり、地点 1 が地点 2 よりも有意に高い値となった。さらに、含水率は全層位で地点 1 (61~70 %) が地点 2 (41~50 %) よりも有意に高い値となった。飽和透水係数は、A1 層において地点 1 ( $3.5 \times 10^{-2} \text{ cm sec}^{-1}$ ) で地点 2 ( $3.2 \times 10^{-5} \text{ cm sec}^{-1}$ ) よりも高い傾向を示した。真比重については有意差はないものの、地点 1 の A1 層と A2 層で地点 2 の同層位と比較してわずかに低い値を示した。地点 1 で地点 2 と比較して固相率および仮比重が低く、孔隙率が高くなった要因として、母材に由来する土壌物質や有機物含量などの土壌構成物質の違いが考えられた。さらに、土壌断面調査において地点 1 では、ススキ根系は表層 0~20 cm 間で細根が多く分布し、Oa 層でルートマットの形成が認められた。一方、地点 2 では、ヨシ根茎の節は表層よりも 10~20 cm 下部に確認された。したがって、ススキおよびヨシの根の分布および根量の違いも、2 地点間の仮比重および孔隙率の違いに影響したと考えられた。

### 3.4 各地点における粒径組成と鉱物特性

粒径組成および選択溶解法による Al, Fe, Si 含量の分析結果を Table 5 に示した。地点 1 および地点 2 ともに、土性は壤土 (L) ~ シルト質埴壤土 (SiCL) を示し、下層で表層よりも粘土面分が減少し、細砂面分が増加する傾向を示した。地点間で比較すると、全層位で地点 1 (0.5~8.0 %) が地点 2 (0.0~0.5 %) よりも粗砂面分の割合が高くなった。一方、細砂、シルト、粘土面分の割合は 2 地点間で大きな違いは認められなかった。

Al<sub>0</sub>, Fe<sub>0</sub>, Si<sub>0</sub> 含量は、地点 1 で Al<sub>0</sub> が  $46 \sim 72 \text{ g kg}^{-1}$ , Fe<sub>0</sub> が  $25 \sim 28 \text{ g kg}^{-1}$ , Si<sub>0</sub> が  $20 \sim 32 \text{ g kg}^{-1}$ , 地点 2 で Al<sub>0</sub> が  $20 \sim 30 \text{ g kg}^{-1}$ , Fe<sub>0</sub> が  $11 \sim 17 \text{ g kg}^{-1}$ , Si<sub>0</sub> が  $6 \sim 9 \text{ g kg}^{-1}$  となり、全層位で地点 1 が地点 2 よりも高い値を示した。さらに、アロフェン含量についても、全層位で地点 1 ( $93 \sim 237 \text{ g kg}^{-1}$ ) が地点 2 ( $48 \sim 78 \text{ g kg}^{-1}$ ) よりも高い値を示した。したがって、選択溶解法による Al, Fe, Si の結果からも、地点 2 は火山放出物を母材とする土壌物質以外に沖積堆積物が混入していることが示唆された。Al<sub>p</sub> 含量は地点 1 の A1 と A2 層 ( $29 \sim 34 \text{ g kg}^{-1}$ ) で地点 2 の同層位 ( $8 \sim 10 \text{ g kg}^{-1}$ ) よりも高い値を示し、地点 1 の表層で腐植複合体 Al 含量が高いことが示唆された。

### 3.5 各地点における土壌化学性

土壌化学性の結果を Table 6 に示した。両地点ともに pH(H<sub>2</sub>O) は 5.5~6.1, pH(KCl) は 4.5~5.3 と酸性を示したが、地点間で差は認められなかった。pH(NaF) は地点 1 で 10.8~11.7, 地点 2 で 11.0~11.3 であった。全炭素含量は地点 1 で  $105 \sim 215 \text{ g kg}^{-1}$ , 地点 2 で 32

Table 4. Soil physical properties of two study sites (site 1 and site 2).

| Horizons                            | Depth | Three phase distributions |            |          | Soil moisture content | Bulk density          | Particle density      | Porosity      | SHC <sup>a</sup>        |
|-------------------------------------|-------|---------------------------|------------|----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------|-------------------------|
|                                     |       | Solid                     | Liquid     | Gaseous  |                       |                       |                       |               |                         |
|                                     | (cm)  |                           | (%)        |          | (%)                   | (Mg m <sup>-3</sup> ) | (Mg m <sup>-3</sup> ) | (%)           | (cm sec <sup>-1</sup> ) |
| Site 1. <i>Miscanthus sinensis</i>  |       |                           |            |          |                       |                       |                       |               |                         |
| A1                                  | 0–5   | 13 ± 1.9*                 | 46 ± 5.1   | 40 ± 6.1 | 60.6 ± 1.8*           | 0.30 ± 0.03*          | 2.33 ± 0.17           | 86.7 ± 1.9*   | 3.5 × 10 <sup>-2</sup>  |
| A2                                  | 10–15 | 16 ± 0.9**                | 67 ± 1.7** | 17 ± 2.6 | 64.3 ± 0.4**          | 0.37 ± 0.02***        | 2.39 ± 0.05           | 84.3 ± 0.9**  | 1.1 × 10 <sup>-3</sup>  |
| 2AC                                 | 30–35 | 12 ± 0.4***               | 72 ± 0.9** | 16 ± 1.0 | 69.5 ± 0.6***         | 0.32 ± 0.01***        | 2.60 ± 0.03           | 87.9 ± 0.4*** | 7.8 × 10 <sup>-4</sup>  |
| Site 2. <i>Phragmites australis</i> |       |                           |            |          |                       |                       |                       |               |                         |
| A1                                  | 0–5   | 23 ± 0.4                  | 57 ± 1.0   | 20 ± 1.4 | 49.9 ± 0.1            | 0.57 ± 0.01           | 2.47 ± 0.01           | 77.0 ± 0.4    | 3.2 × 10 <sup>-5</sup>  |
| A2                                  | 10–15 | 28 ± 1.2                  | 51 ± 1.7   | 21 ± 0.5 | 41.1 ± 1.1            | 0.73 ± 0.01           | 2.62 ± 0.09           | 72.0 ± 1.2    | 3.8 × 10 <sup>-3</sup>  |
| Bw                                  | 25–30 | 29 ± 0.3                  | 58 ± 0.2   | 13 ± 0.5 | 43.6 ± 0.2            | 0.76 ± 0.01           | 2.64 ± 0.00           | 71.4 ± 0.3    | 2.1 × 10 <sup>-4</sup>  |

<sup>a</sup> SHC: saturated hydraulic conductivity. All results are the mean ± standard error (n = 3).

The asterisks indicate a significant difference between the corresponding horizons of site 1 and site 2 (\*,  $p < 0.05$ ; \*\*,  $p < 0.01$ ; \*\*\*,  $p < 0.001$ ; Welch's t-test).

Table 5. Particle size distribution and mineralogical characteristics of two study sites (site 1 and site 2).

| Horizons                            | Particle size |           |      |      | Soil texture <sup>a</sup> | Al <sub>0</sub> <sup>b</sup> | Fe <sub>0</sub> <sup>b</sup> | Si <sub>0</sub> <sup>b</sup> | Al <sub>p</sub> <sup>c</sup> | Fe <sub>p</sub> <sup>c</sup> | Al <sub>0</sub> +1/2Fe <sub>0</sub> | (Al <sub>0</sub> -Al <sub>p</sub> )/ Si <sub>0</sub> | Estimated allophane content <sup>d</sup><br>(g kg <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|---------------|-----------|------|------|---------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
|                                     | Coarse sand   | Fine sand | Silt | Clay |                           |                              |                              |                              |                              |                              |                                     |                                                      |                                                                   |
|                                     | (%)           |           |      |      |                           |                              |                              |                              |                              |                              |                                     |                                                      |                                                                   |
| Site 1. <i>Miscanthus sinensis</i>  |               |           |      |      |                           |                              |                              |                              |                              |                              |                                     |                                                      |                                                                   |
| A1                                  | 8.0           | 29.6      | 42.1 | 20.2 | CL                        | 45.7                         | 24.7                         | 19.7                         | 28.8                         | 6.6                          | 58.1                                | 0.9                                                  | 92.6                                                              |
| A2                                  | 7.1           | 30.9      | 40.4 | 21.5 | CL                        | 50.1                         | 26.4                         | 23.0                         | 33.5                         | 7.6                          | 63.3                                | 0.7                                                  | 104                                                               |
| 2AC                                 | 2.2           | 34.6      | 57.5 | 5.7  | SiL                       | 55.9                         | 25.5                         | 27.3                         | 15.0                         | 3.0                          | 68.7                                | 1.5                                                  | 161                                                               |
| 3AC                                 | 0.5           | 45.6      | 43.1 | 10.9 | L                         | 71.7                         | 27.7                         | 32.0                         | 7.3                          | 0.5                          | 85.5                                | 2.0                                                  | 237                                                               |
| Site 2. <i>Phragmites australis</i> |               |           |      |      |                           |                              |                              |                              |                              |                              |                                     |                                                      |                                                                   |
| A1                                  | 0.5           | 34.9      | 41.6 | 23.0 | CL                        | 20.7                         | 13.3                         | 6.5                          | 7.7                          | 3.6                          | 27.4                                | 2.0                                                  | 48.0                                                              |
| A2                                  | 0.0           | 21.5      | 56.8 | 21.6 | SiCL                      | 25.1                         | 15.8                         | 8.8                          | 9.7                          | 4.0                          | 33.0                                | 1.8                                                  | 57.7                                                              |
| Bw                                  | 0.2           | 37.5      | 46.6 | 15.6 | SiCL                      | 22.7                         | 14.0                         | 9.1                          | 8.0                          | 3.3                          | 29.7                                | 1.6                                                  | 56.4                                                              |
| 2A                                  | 0.4           | 39.8      | 37.7 | 22.1 | CL                        | 28.8                         | 14.9                         | 7.9                          | 8.9                          | 3.9                          | 36.2                                | 2.5                                                  | 77.6                                                              |
| 3A                                  | 0.0           | 24.6      | 53.0 | 22.4 | SiCL                      | 29.5                         | 16.7                         | 8.7                          | 10.9                         | 4.8                          | 37.8                                | 2.1                                                  | 68.6                                                              |
| 4Bw                                 | 0.0           | 43.5      | 43.6 | 12.9 | L                         | 20.4                         | 13.1                         | 8.2                          | 7.3                          | 2.7                          | 27.0                                | 1.6                                                  | 50.2                                                              |
| 5Bw                                 | 0.0           | 53.4      | 37.1 | 9.5  | L                         | 21.0                         | 10.6                         | 9.2                          | 5.8                          | 1.4                          | 26.3                                | 1.7                                                  | 57.9                                                              |

<sup>a</sup> L: loam, SiL: silt loam, CL: clay loam, SiCL: silty clay loam.<sup>b</sup> Al<sub>0</sub>, Fe<sub>0</sub>, Si<sub>0</sub>: Al, Fe and Si contents extracted by acid ammonium oxalate, respectively.<sup>c</sup> Al<sub>p</sub>, Fe<sub>p</sub>: Al and Fe contents extracted by sodium pyrophosphate, respectively.<sup>d</sup> Allophane content estimated by the method of Parfitt and Wilson (1985), Yamada *et al.* (2011) and Watanabe *et al.* (2023).

Table 6. Soil chemical properties of two study sites (site 1 and site 2).

| Horizons                            | pH                    |       |       | Total carbon | Total nitrogen | C/N ratio | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N | CEC <sup>a</sup> | Exchangeable cations <sup>b</sup> |      |      | Base saturation | PAC <sup>c</sup> | Available phosphate <sup>d</sup> |
|-------------------------------------|-----------------------|-------|-------|--------------|----------------|-----------|---------------------------------|---------------------------------|------------------|-----------------------------------|------|------|-----------------|------------------|----------------------------------|
|                                     | (H <sub>2</sub> O)    | (KCl) | (NaF) |              |                |           |                                 |                                 |                  | Ca                                | Mg   | K    |                 |                  |                                  |
|                                     | (g kg <sup>-1</sup> ) |       |       |              |                |           |                                 |                                 |                  | (mg kg <sup>-1</sup> )            |      |      |                 |                  |                                  |
| Site 1. <i>Miscanthus sinensis</i>  |                       |       |       |              |                |           |                                 |                                 |                  |                                   |      |      |                 |                  |                                  |
| A1                                  | 5.6                   | 4.9   | 11.5  | 215          | 12.9           | 16.7      | 14                              | 45                              | 69.7             | 8.29                              | 2.60 | 0.34 | 16              | 25.3             | 47.8                             |
| A2                                  | 5.6                   | 5.0   | 11.7  | 176          | 10.0           | 17.6      | 2.0                             | 27                              | 56.6             | 2.36                              | 0.42 | 0.18 | 5.2             | 26.1             | 23.6                             |
| 2AC                                 | 5.8                   | 5.3   | 11.4  | 124          | 6.0            | 20.7      | 1.6                             | 17                              | 44.7             | 1.40                              | 0.07 | 0.04 | 3.4             | 26.3             | 4.4                              |
| 3AC                                 | 6.0                   | 5.2   | 10.8  | 105          | 5.5            | 19.1      | 2.4                             | 22                              | 43.8             | 1.78                              | 0.30 | 0.04 | 4.8             | 26.9             | 6.6                              |
| Site 2. <i>Phragmites australis</i> |                       |       |       |              |                |           |                                 |                                 |                  |                                   |      |      |                 |                  |                                  |
| A1                                  | 5.5                   | 4.5   | 11.0  | 93.5         | 6.3            | 14.8      | 8.1                             | 19                              | 32.8             | 4.34                              | 1.04 | 0.77 | 19              | 17.0             | 824                              |
| A2                                  | 5.9                   | 4.8   | 11.3  | 91.0         | 5.3            | 17.2      | 0.6                             | 13                              | 38.4             | 6.24                              | 0.71 | 0.52 | 19              | 20.9             | 30.3                             |
| Bw                                  | 5.5                   | 4.7   | 11.3  | 60.5         | 4.5            | 13.6      | 0.9                             | 13                              | 28.0             | 2.69                              | 0.32 | 0.42 | 12              | 19.1             | 129                              |
| 2A                                  | 5.6                   | 4.5   | 11.2  | 76.8         | 5.3            | 14.6      | 3.3                             | 14                              | 29.4             | 2.25                              | 0.33 | 0.40 | 10              | 18.7             | 732                              |
| 3A                                  | 5.8                   | 4.8   | 11.3  | 101          | 6.0            | 16.8      | 0.8                             | 16                              | 44.4             | 7.89                              | 0.92 | 0.48 | 21              | 22.6             | 29.1                             |
| 4Bw                                 | 6.1                   | 5.1   | 11.3  | 49.4         | 3.6            | 13.6      | 0.9                             | 11                              | 28.3             | 4.32                              | 0.49 | 0.28 | 18              | 18.8             | 19.5                             |
| 5Bw                                 | 5.9                   | 5.2   | 11.2  | 32.4         | 2.7            | 11.8      | 0.6                             | 8.2                             | 19.7             | 4.09                              | 0.46 | 0.22 | 24              | 16.6             | 18.9                             |

<sup>a</sup> CEC: cation exchangeable capacity. <sup>b</sup> Exchangeable Na was not detected. <sup>c</sup> PAC: phosphate absorption coefficient. <sup>d</sup> Bray2 extraction.

～101 g kg<sup>-1</sup>となり、全層位で地点1が地点2よりも高い値となった。日本のススキ草本優占の半自然草原において、土壌中の安定した炭素画分の約52～85%はC<sub>4</sub>植物由来とされ、C<sub>4</sub>植物であるススキが土壌炭素貯留の主な供給源であるとされている (Howlett *et al.*, 2013; Howlett *et al.*, 2022)。したがって、地点1ではススキが優占していたため、地点2と比較して全炭素含量が高くなったと考えられた。一方、地点2は、火山放出物由来の土壌物質に沖積堆積物が混入す

ることで、全炭素含量が希釈されたため、地点1と比較して全炭素含量が低くなったと考えられた。

全窒素含量は表層のA1層とA2層で地点1 (10～13 g kg<sup>-1</sup>) が地点2 (5～6 g kg<sup>-1</sup>) よりも高い値を示した。無機態窒素量について、両地点で硝酸態窒素量は0.6～14 mg kg<sup>-1</sup>、アンモニア態窒素量は8～45 mg kg<sup>-1</sup>の範囲となり、アンモニア態窒素量が硝酸態窒素量よりも高い傾向を示した。また、地点間では、無機態窒素量は地点1 (硝酸態窒素2～14 mg kg<sup>-1</sup>、ア

ンモニア態窒素  $17\sim 45 \text{ mg kg}^{-1}$ ) で地点2 ( $0.6\sim 8 \text{ mg kg}^{-1}$ ,  $8\sim 19 \text{ mg kg}^{-1}$ ) よりも高い傾向を示した。土壌中のアンモニア態窒素から硝酸態窒素への硝化作用は硝化菌などの土壌微生物が関与し、温度、土壌水分量、土壌pHなどの影響を受ける。硝化速度定数は温度の低下とともに減少し(渡辺ら, 2019)、土壌pHの低下に伴い硝化抑制作用が現れる(戸田, 1994; 前田, 2008)。また、土壌水分含量が増加し、土壌の嫌気状態が進むにつれ脱窒の反応速度が大きくなる(前田, 2008)。朝霧高原は、夏季でも比較的冷涼な気候( $16.4\sim 21.9^\circ\text{C}$ )であり、降水量も高い( $2,342 \text{ mm}$ )。また、土壌の液相率も高く(Table 4)、土壌pHは酸性である(Table 6)。したがって、本研究調査地の朝霧高原根原地区では、夏季でも $20^\circ\text{C}$ 前後の温度であり、土壌が酸性で多湿であるためアンモニア態窒素から硝酸態窒素への硝化作用が抑制されたこと、および硝酸態窒素の脱窒が促進したことが示唆された。また、朝霧高原の土壌環境条件により、硝化を担う硝化菌が少ないなどの微生物菌叢の組成や微生物菌数も影響している可能性があるが、本研究では土壌微生物菌叢の調査を行っていないため、今後の検討課題である。

交換性陽イオンについて、交換性CaとMgは最表層を除き地点2で地点1よりも高い値を示した。交換性Kは、地点1は $0.0\sim 0.3 \text{ cmol}_e \text{ kg}^{-1}$ 、地点2は $0.2\sim 0.8 \text{ cmol}_e \text{ kg}^{-1}$ となり、全層位で地点2は地点1よりも高い傾向となった。地点2は火山放出物を母材とする土壌物質以外に天守山地由来の沖積堆積物が混入していることが考えられる(Table 5)。調査地点付近を構成する火山放出物である朝霧高原溶岩流の $\text{K}_2\text{O}$ 含量は $0.9 \text{ wt.}\%$ である。一方、天守山地北部に分布する西八代層群の $\text{K}_2\text{O}$ 含量は $0.2\sim 2.5 \text{ wt.}\%$ であり、 $\text{K}_2\text{O}$ 含量は大きくばらつく。また、地点1と地点2は土壌が酸性化していることから、交換性Kの溶脱が促進していることが考えられた。したがって、両地点ともに交換性Kの溶脱が進行するが、地点2は沖積堆積物が混入することで、沖積堆積物由来の非交換性Kの可給化や再堆積によるK添加が起こり、地点1よりも交換性Kが高くなったと考えられた。

CECは、全層位で地点1( $44\sim 70 \text{ cmol}_e \text{ kg}^{-1}$ )が地点2( $20\sim 44 \text{ cmol}_e \text{ kg}^{-1}$ )より高い傾向となったが、塩基飽和度は反対に全層で地点2( $10\sim 24\%$ )が地点1( $3\sim 16\%$ )よりも高い傾向を示した。また、両地点ともに塩基飽和度は $30\%$ 以下となり、特に地点1のA2層 $\sim$ 3BC層( $6.5\sim 65\text{ cm}$ )で $6\%$ 未満と著しく低

かった。CECと全炭素含量はShapiro-Wilk検定で正規性を示し( $p = 0.512$ と $p = 0.337$ )、ピアソンの相関係数( $r = 0.978$ )から、強い正の相関関係が認められた。したがって、本調査地では、腐植の構造末端の負荷電がCEC値を決定する負荷電の主体であると考えられた。

リン酸吸収係数は、両地点ともに $15.0 \text{ g P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$ を超えた。また、地点1では全層で $25.0 \text{ g P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$ 以上であった。両地点間のリン酸吸収係数を比較すると、地点2( $17\sim 23 \text{ g P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$ )で地点1( $25\sim 27 \text{ g P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$ )より低い傾向を示した。これは、地点2における沖積堆積物の混入によるものと考えられた。可給態リン酸量(ブレイ第二法)は、地点1は $4\sim 48 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$ 、地点2は $19\sim 824 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$ となり、全層位で地点2が地点1よりも高い傾向となった。これは、地点2での沖積堆積物の混入により、土壌のリン酸吸収係数が低下したことが要因の一つと考えられる。特に地点2のA1層と2A層で可給態リン酸量が $732\sim 824 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$ と著しく高い値を示したが、この要因として、リン酸吸収係数が $20.0 \text{ g P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$ 以下であったことに加え、過去の農地利用による施肥の影響やリン酸施肥量の高い土壌物質の流入が考えられた。

### 3.6 各地点における土壌分類

本研究で対象とした土壌断面について、日本土壌分類体系(日本ペドロロジー学会第五次土壌分類・命名委員会, 2017)に基づいて土壌分類を行った。

地点1および地点2ともに、全ての層位においてリン酸吸収係数が $15.0 \text{ g P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$ 以上、 $\text{Al}_0 + 1/2 \text{ Fe}_0$ も $2.0\%$ 以上であり(Table 5, Table 6)、黒ボク特徴を示したことから黒ボク土大群に分類された。また、両地点ともに地下水湿性特徴を示す層位は認められず、さらに全層位で $\text{Si}_0$ は $6.0 \text{ g kg}^{-1}$ 以上となったため(Table 5)、アロフェン質黒ボク土となった。

地点1は、全層(厚さ $0\sim 65 \text{ cm}$ )で土色の明度3以下かつ彩度3以下を満たし、土壌の全炭素含量が $105\sim 215 \text{ g kg}^{-1}$ であり(Table 6)  $6\%$ 以上を満たしたため、多腐植質表層の条件を満たした。したがって、地点1は「厚層アロフェン質黒ボク土」に分類された。

地点2は、2A層と3A層で土色の明度3以下かつ彩度3以下、全炭素含量が $77 \text{ g kg}^{-1}$ と $101 \text{ g kg}^{-1}$ とともに $3\%$ 以上を満たし、かつ上部に土色が $2.5\text{Y}3/2$ 、全炭素含量が $61 \text{ g kg}^{-1}$ 、厚さ $13 \text{ cm}$ のBw層が存在す

るため、埋没腐植層の条件を満たした。2A 層が深さ 39 cm から出現し、かつ 2A 層と 3A 層をあわせると 26 cm の厚さとなることから、地点 2 は「埋没腐植質アロフェン質黒ボク土」に分類された。

次に World reference base for soil resources, 4<sup>th</sup> edition (WRB; IUSS Working group WRB, 2022) による土壌分類を行った。地点 1 および地点 2 の全層位で Andic 特徴 (仮比重  $\leq 0.9 \text{ Mg m}^{-3}$ ,  $\text{Al}_0 + 1/2 \text{ Fe}_0 \geq 2.0\%$ , リン酸保持容量  $\geq 85\%$ 。この基準は、リン酸吸収係数  $\geq 15.0 \text{ g P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$  に対応) および Silandic の条件 ( $\text{Si}_0$  含量  $\geq 0.6\%$ ) を満たした。また、両地点ともに、 $\text{pH}(\text{NaF})$  は 9.5 以上であり  $\text{pH}(\text{NaF})$  の値からも Andic 特徴であることが示された。さらに、 $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$  は 5.5 ~ 6.1,  $\text{pH}(\text{KCl})$  は 4.5 ~ 5.3 を示した。WRB 4<sup>th</sup> edition の交換性 ( $\text{Ca} + \text{Mg} + \text{K} + \text{Na}$ ) と交換性 Al の関係を土壌 pH から推定する表より、両地点ともに、交換性 ( $\text{Ca} + \text{Mg} + \text{K} + \text{Na}$ )  $\geq$  交換性 Al と推測され、Eutric の条件を満たした。地点 1 は、土色が黒色で炭素含量が高く、塩基飽和度が低いことため Umbric, 3AC 層で富士溶岩流由来の礫含量が 45% となったため Ejectiskeletic, 2AC 層 (厚さ 33 cm) の土性が SiL となったため Siltic, 全層位で炭素含量が 5% 以上となったため Hyperhumic の条件を満たし、「Eutric Ejectiskeletic Umbric Silandic Andosol (Siltic, Hyperhumic)」に分類された。地点 2 は、A1~4Bw 層で Umbric, 全層位で L~SiCL であり Loamic, A1 層~3A 層で炭素含量が 5% 以上であったため Hyperhumic, 2A 層および 3A 層で Panpaic 層 (炭素含量 0.2% 以上、かつ直上層位よりも炭素含量が相対値で 25% 以上かつ絶対値で 0.2% 以上高い、かつ厚さ 5 cm 以上) の条件を満たしたため Panpaic, Solimovic 物質 (斜面上部から水に懸濁して移動堆積した異質土壌物質の混合物) の条件を満たしたため Solimovic が修飾され、「Eutric Umbric Silandic Andosol (Loamic, Hyperhumic, Panpaic, Solimovic)」に分類された。

日本土壌分類体系と WRB の両土壌分類体系ともに、両地点でアロフェン質黒ボク土に分類され、地点 1 では炭素含量が高い層が厚い特徴を表現する分類、地点 2 は埋没腐植層の特徴を示す分類となり、両地点での土壌断面形態および理化学性の違いが土壌分類によっても表された。

### 3.7 植物群落と土壌特性との関係

先行研究におけるススキとヨシの植生分布が異なる

要因として最も多く挙げられている報告が、土性と土壌水分含量の違いである。陣野・梅野 (1995) の諫早市本明川での調査報告では、ヨシは、粘土含量が約 30% ~ 70% と比較的高く、かつ含水率が約 40% ~ 60% の土壌に分布する。一方、ススキはヨシと比較して、砂質で、含水率が約 14% ~ 24% と低い土壌で分布するとしている。本研究の結果では、ススキ優占草原の地点 1 は、ヨシ優占草原の地点 2 よりも僅かに標高が高い地点に位置し (Fig. 1 (d)), 礫含量および粗砂含量が高かった (Table 3, Table 5)。ススキ実生の生長と土性および土壌水分状態との関係を調べた報告 (石川・市川, 2001) では、ススキ実生は低水位・粗砂で生育が良好であり、細砂では低水位、高水位条件下で著しく生育が悪かったことが報告されている。また、田中ら (2002) は、ヨシの生育と土壌粒度の均等係数との関係から、ある程度土壌粒径が揃っている地域でヨシの平均茎個体数密度が高くなることを報告している。したがって、本研究の礫含量および粗砂含量の地点間の違いは、ススキ実生とヨシの生育に影響したと考えられる。一方、本調査地点の細砂、シルトおよび粘土含量には 2 地点間で大きな違いはなく、液相率や含水率は地点 1 で地点 2 よりも高く、陣野・梅野 (1995) らの結果と反対の傾向を示した。本調査地点が、陣野・梅野 (1995) らの結果と反対の傾向を示した理由は不明であるが、要因の一つとして、地点 1 は地点 2 よりも全炭素含量が高いため、土壌有機物含量が高いことにより保水性が高まったと考えられた。したがって、本調査地の朝霧高原でのススキ優占植生とヨシ優占植生を分ける要因として、地点間で異なった礫と粗砂含量が関与していると考えられる。一方で、先行研究で多く報告される土性や土壌水分含量 (液相率) は地点間で差が認められなかったため、土性や土壌水分含量以外の別の要因についても検討する必要がある。

地点 2 の最表層 (0~5 cm) の飽和透水係数は、地点 1 の同層位よりも低い値を示した (Table 4)。したがって、地点 2 は地点 1 よりも降雨後に地表面の水が停滞しやすいと考えられる。ススキ実生の沈水状態に対する耐性を調べた石川・市川 (2001) の報告では、沈水処理期間が 8 週間になるとススキ実生は全て枯死したが、ヨシ属であるツルヨシ (*Phragmites japonica*) の実生は、粗砂で生育した場合には約 40%, 細砂で生育した場合には約 15% が生存しており、ススキ実生よりも沈水耐性が高いことを明らかにしている。

よって、ヨシはススキと比較して、湛水環境での生存に優位であり、地点2の土壤環境（表層の水はけが悪い環境）で生育が可能である一方、ススキは地点2の土壤環境での生存が難しかったと考えられた。

また、土壤化学性については、交換性K量および可給態リン酸量（ブレイ第二法）が地点2で地点1よりも高く、表層の無機態窒素量は地点1で地点2よりも高い傾向を示した。当真ら（2012）は窒素、リン酸、カリウム施肥試験を行い、ススキの地上部乾物量に対する制限因子について調査した。その結果、ススキ生育の制限因子は窒素ではなく、リン酸とカリウムであり、特にリン酸またはカリウムと窒素の併用効果が大きいことを報告している。ヨシについても、窒素、リン酸、カリウムの施肥試験が行われ、カリウムの添加は、ヨシ生育に有意な影響を与えなかったが、窒素とリン酸は添加量の増加に伴いヨシの地上部乾物重量が増加し、特に窒素とリン酸の併用効果が高かったことが報告されている（Ulrich, 1985）。また、田中ら（2002）の報告では、ヨシの生育は土壤窒素量よりもリン酸量との間に有意な相関関係が見いだされている。したがって、ススキおよびヨシともに無機態窒素量よりも可給態リン酸量が生育を決定する要因であることが先行研究から考えられる。以上より、本調査地点において、地点間でイネ科草本が分布を異にする要因の一つとして、可給態リン酸量の違いが考えられた。

可給態リン酸量が低い地点1でススキが生育可能な要因の一つとして、土壤中のリン酸獲得に関わるアーバスキュラー菌根菌（AM菌）との共生が考えられる。先行研究から、日本の半自然草原に分布するススキの根には、AM菌が共生していることが報告されている（斎藤, 2001）。また、日本の草地を対象としたAM菌の孢子密度の調査から、土壤中のリン酸量が低くなるにつれ、AM菌孢子数が高くなり（近藤ら, 1995）、可給態リン酸量（トルオーグ法）が $40 \text{ mg kg}^{-1}$ 以上の場合にAM菌の孢子密度が低くなることが明らかとなっている（小島ら, 2009）。本研究の可給態リン酸量（ブレイ第二法）は、地点1は $4 \sim 48 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$ 、地点2は $19 \sim 824 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$ となり、地点1の可給態リン酸量は非常に低い値を示した。したがって、地点1は地点2と比較して、AM菌の孢子数が高いと考えられるが、本研究ではAM菌の調査は行っていないため、朝霧高原根原地区におけるススキおよびヨシの分布とAM菌および可給態リン酸との関係に関しては今後の研究課題である。

#### 4. まとめ

本研究により、ススキ優占の植物群落である地点1とヨシ優占の植物群落である地点2ともにアロフェン質黒ボク土に分類されたが、土壤断面形態と理化学性は異なった。地点1は、2AC層でエカスマサ、3AC層で亜角～亜円大礫が認められ、富士由来溶岩流の再堆積物を母材とした土壤であると考えられた。一方、地点2は2A層と3A層（39～65 cm）で埋没腐植層が観察された。また、Al、Fe、Si含量、アロフェン量およびリン酸吸収係数が全層位で地点1と比較して地点2で低くなった。以上から、地点2は、斜面上部で侵食した富士由来の火山放出物を母材とする土壤物質の再堆積物以外にも天守山地由来の沖積堆積物が混入した土壤であると考えられた。上記の侵食と再堆積した土壤物質のもととなる母材の違いにより、礫と粗砂含量および表層の飽和透水係数は地点1で地点2よりも高くなり、交換性K量および可給態リン酸量（ブレイ第二法）は地点2で地点1よりも高くなった。また、表層の無機態窒素量は地点1で地点2よりも高い傾向を示した。以上から、両地点のイネ科草本が分布を異にする要因として、地点間で異なった①礫と粗砂含量、②表層の透水性、③土壤中の可給態リン酸量、交換性K量、無機態窒素量の違いが考えられた。しかし、本研究は各イネ科植物群落の調査地点を1地点ずつで比較しているため、本論文の①～③で示唆されたイネ科草本が分布を異にする要因について、さらに調査地点を増やして研究する必要がある。

#### 謝 辞

本研究を遂行するにあたり、静岡県富士宮市根原地区の吉川清人氏ならびに根原地区生産者、管理者の方々に現地調査のご協力と情報提供をいただいた。東京農業大学農学部雨木若慶教授に分析でのご協力をいただいた。ここに、深く感謝の意を表する。

#### 引用文献

- 新井隆介・大窪久美子 2014. 岩手県に残存する半自然草原群落の現状および過去との比較による保全生態学的研究, 日本緑化学会誌, 40(1): 142-147.
- Blakemore, L. C., Searle, P. L., and Daly, B. K. 1987. Methods for chemical analysis of soils, p. 103, Department-

- ment of Scientific and Industrial Research, Lower Hutt, New Zealand.
- Cohen, K. M., Harper, D. A. T., Gibbard, P. L., and Car, N. 2023. International chronostratigraphic chart, International Commission on Stratigraphy. <http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2023-09.pdf> (アクセス日 2023 年 11 月 10 日)
- Cramer V. A, and Hobbs R. J. 2007. Old fields: Dynamics and restoration of abandoned farmland, 334p., Island Press, Washington DC, USA.
- 土壌環境分析法編集委員会 1997. 土壌環境分析法, 427p. 博友社, 東京.
- 藤井伸二 1999. 絶滅危惧植物の生育環境に関する考察, 保全生態学研究, 4: 57-69.
- Haslam, S. M. 1972. *Phragmites communis* Trin. (*Arundo phragmites* L., ? *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel). J. Ecol., 585-610.
- Haslam, S. M. 1973. Some aspects of the life history and autecology of *Phragmites communis* Trin: A review. Pol. Arch. Hydrobiol., 20(1): 79-100.
- 早川康夫 1995. フオッサマグナおよびその周辺の草原草地の立地: 1. 箱根, 富士, 八ヶ岳, 日本草地学会誌, 41(3): 256-262.
- 平舘俊太郎・森田沙綾香・楠本良延 2008. 土壌の化学特性が外来植物と在来植物の住み分けに与える影響, 農業技術, 63(10): 469-474.
- 平舘俊太郎 2012. 野草類の土壌環境に対する生育適性の評価と再生技術の開発, 平成 24 年度\_環境研究総合推進費終了成果報告書 (D-1001), [http://www.env.go.jp/policy/kenkyu/suishin/kadai/syuryo\\_report/pdf/D-1001.pdf](http://www.env.go.jp/policy/kenkyu/suishin/kadai/syuryo_report/pdf/D-1001.pdf).
- Howlett, D. S., Toma, Y., Wang, H., Sugiyama, S., Yamada, T., Nishiwaki, A., Fernandez, F. and Stewart, J. R. 2013. Soil carbon source and accumulation over 12,000 years in a semi-natural *Miscanthus sinensis* grassland in southern Japan. Catena, 104: 127-135.
- Howlett, D. S., Stewart, J. R., Inoue, J., Saito, M., Lee, D., Wang, H., Yamada, T., Nishiwaki, A., Fernández, F. G. and Toma, Y. 2022. Source and accumulation of soil carbon along catena toposequences over 12,000 years in three semi-natural *Miscanthus sinensis* grasslands in Japan. Agriculture, 12(1), 88: 1-14.
- 井上雅仁・高橋佳孝 2009. 半自然草原の保全と再生に向けた新しい取り組み, 景観生態学, 14(1): 1-4.
- 井上太貴・岡本透・田中健太 2021. 1722-2010 年にわたる菅平高原の草原面積変遷の定性・定量分析: 国立公園内の草原減少の実態, 保全生態学研究, 2041.
- 井上雅仁・高橋佳孝 2016. 島根県三瓶山の刈り取り管理を受ける半自然草原における絶滅危惧植物オキナグサの動態, 島根県立三瓶自然館研究報告, 14: 9-17.
- 石川慎吾・市川和紀 2001. ツルヨシ, オギおよびススキの成長特性と沈水状態に対する耐性, 奥田重俊先生退官記念論文集「沖積地植生の研究」, 85-92.
- 伊藤祥子・星理恵・藤井哲次郎・谷本丈夫 2005. 駒止湿原周辺の耕作跡地における植物群落構造と土壌との関係, 森林立地, 47(2): 65-75.
- IUSS Working Group WRB 2022. World Reference Base for Soil Resources. 350 International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 4th edition. International Union of Soil Sciences (IUSS), Vienna, Austria.
- 陣野信孝・梅野美佐 1995. 長崎県諫早市本明川水系におけるイネ科植物(ヨシ, ツルヨシ, アイアシ, オギ, ススキ)の生育地の土壌性質, 長崎大学教育学部自然科学研究報告, 53: 19-26.
- 金子是久・谷川正樹・長谷川雅美 2012. 千葉県白井市谷田地区における半自然草原の地上部刈り取り回数による植生の比較, 景観生態学, 16(2): 71-77.
- 加藤芳朗・近藤鳴雄 1960. 富士山西麓のマサ(盤層)について, 日本土壌肥科学雑誌, 31(9): 399-402.
- 気象庁 a. 過去の気象データ, 富士 平均値(年・月ごとの値) 主要要素, 統計期間 1991~2000. [https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/nml\\_amd\\_ym.php?prec\\_no=50&block\\_no=0442&year=2019&month=&day=&view=p1](https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/nml_amd_ym.php?prec_no=50&block_no=0442&year=2019&month=&day=&view=p1) (アクセス日 2022 年 12 月 22 日)
- 気象庁 b. 過去の気象データ, 白糸 平均値(年・月ごとの値) 主要要素, 統計期間 1991~2000. [https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/nml\\_amd\\_ym.php?prec\\_no=50&block\\_no=0440&year=2019&month=&day=&view=p1](https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/nml_amd_ym.php?prec_no=50&block_no=0440&year=2019&month=&day=&view=p1) (アクセス日 2022 年 12 月 22 日)
- Kitahara, M., Sei, K., and Fujii, K. 2000. Patterns in the structure of grassland butterfly communities along a gradient of human disturbance: further analysis based on the generalist/specialist concept, Popul. Ecol.,

- 42(2): 135-144.
- Kitahara, M., and Sei, K. 2001. A comparison of the diversity and structure of butterfly communities in semi-natural and human-modified grassland habitats at the foot of Mt. Fuji, central Japan. *Biodivers. Conserv.*, 10(3): 331-351.
- 小島仁志・黒田貴綱・勝野武彦 2008. 富士山西麓草原(朝霧高原)における野焼き管理が草原植生に及ぼす影響について, *環境情報科学*, 37(4): 82-83.
- 小島知子・斎藤雅典・小路 敦・安藤 貞・菅原和夫 2009. 日本各地の草地におけるアーバスキュラー菌根菌相, *日本草地学会誌*, 55(2): 148-155.
- 近藤 熙・西尾道德・加藤邦彦・高橋繁男・塩見正衛 1995. 草地土壌における VA 菌根菌胞子数の分布と土壌リン酸量との関係, *草地試験場研究報告*, 51: 23-30.
- Koyama, A., Koyanagi, T. F., Akasaka, M., Kusumoto, Y., Hiradate, S., Takada, M., and Okabe, K. 2018. Partitioning the plant diversity of semi-natural grasslands across Japan, *Oryx*, 52(3): 471-478.
- 小柳知代・楠本良延・山本勝利・大黒俊哉・井手 任・武内和彦 2007. 関東地方平野部におけるススキを主体とした二次草地の過去と現在の種組成の比較, *ランドスケープ研究*, 70: 439-444.
- Li, L. J., Zeng, D. H., Mao, R., and Yu, Z. Y. 2012. Nitrogen and phosphorus resorption of *Artemisia scoparia*, *Chenopodium acuminatum*, *Cannabis sativa*, and *Phragmites communis* under nitrogen and phosphorus additions in a semiarid grassland, China. *Plant Soil Environ.*, 58(10): 446-451.
- 町田 洋 1964. Tephrochronology による富士火山とその周辺地域の発達史, *地学雑誌*, 73(5): 293-308.
- 前田守弘 2008. モデルによる土壌, 農耕地, 流域における窒素動態の理解: 2. 畑圃場における包括的窒素動態モデルの開発と利用のための基礎, *日本土壌肥科学雑誌*, 79(1): 89-99.
- Matsuura, S., Sasaki, H., and Kohyama, K. 2012. Organic carbon stocks in grassland soils and their spatial distribution in Japan, *Grassl. Sci.*, 58(2): 79-93.
- Miura, N., Yamada, S., and Niwa, Y. 2020. Estimation of canopy height and biomass of *Miscanthus sinensis* in semi-natural grassland using time-series UAV data. *ISPRS Annals.*, 3: 497-503.
- 宮脇昭編 1986. 日本植生誌 関東, 641 p. 至文堂, 東京.
- 中山正典 2013. 富士山は里山である. 農がつくる山麓の風土と景観, pp. 16-36, 農文協, 東京.
- 根原区・朝霧高原活性化委員会 2018a. 朝霧高原茅場の景観, 8p. 富士宮市根原区, 静岡.
- 根原区・朝霧高原活性化委員会 2018b. 朝霧高原茅場の茅刈り人, 34p. 富士宮市根原区, 静岡.
- 根原区・朝霧高原活性化委員会 2018c. 朝霧高原茅場の火入れ, 18p. 富士宮市根原区, 静岡.
- 根原区・朝霧高原活性化委員会 2018d. 朝霧草原の植物, 54p. 富士宮市根原区, 静岡.
- 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, 169p. 博友社, 東京.
- 日本ペドロロジー学会第五次土壌分類・命名委員会 2017. 日本土壌分類体系, 53p.
- 小椋純一 2006. 日本の草地面積の変遷, *京都精華大学紀要*, 30: 159-172.
- 大窪久美子 2002. 日本の半自然草地における生物多様性研究の現状, *日本草地学会誌*, 48(3): 268-276.
- Parfitt, R. L. and Wilson, A. G. 1985. Estimation of allophane and halloysite in three sequences of volcanic soils, New Zealand. *Volcanic Soils Catena Supplement* 7: 1-8.
- 斎藤勝晴 2001. 18S rRNA 遺伝子情報を用いた野草地植物におけるアーバスキュラー菌根菌の群集構造解析, 東北大学大学院農学研究科環境修復生物工学専攻博士論文.
- Shaltout, K. H., Al-Sodany, M. Y., and Eid, E. M. 2006. Biology of common reed *Phragmites Australis* (cav.) trin. ex steud: review and inquiry. Assiut University Center for Environmental Studies (AUCES).
- 静岡県くらし・環境部環境局自然保護課 2020. まもりたい静岡県の野生生物 2020 -静岡県レッドデータブックー〈植物・菌類編〉, 502p. 静岡県くらし・環境部環境局自然保護課, 静岡市.
- 小路 敦・林 治雄・坂上清一・神山和則・佐々木寛幸 2001. 1-1 半自然草原における管理形態の違いが諸環境要因の変化を通じて草原性植物の種組成に及ぼす影響, *日本草地学会誌*, 47(Separate): 2-3.
- 須賀 丈 2008. 中部山岳域における半自然草原の変遷史と草原性生物の保全, *長野県環境保全研究所研究報告*, 4: 17-31.
- 須賀 丈 2010. 半自然草地の変遷史と草原性生物の分布, *日本草地学会誌*, 56(3): 225-230.

- 高田亮・山元孝広・石塚吉浩・中野 俊 2016a. 富士火山地質図(第2版) 1:50,000, 産業技術総合研究所地質調査総合センター. [https://gbank.gsj.jp/volcano/Act\\_Vol/fujisan/map/volcmap-l.html](https://gbank.gsj.jp/volcano/Act_Vol/fujisan/map/volcmap-l.html) (アクセス日 2022 年 12 月 22 日)
- 高田亮・山元孝広・石塚吉浩・中野 俊 2016b. 富士火山地質図(第2版) 説明書 1:50,000, 産業技術総合研究所地質調査総合センター. [https://www.gsj.jp/data/MISC/PDF/GSJ\\_MAP\\_MISC\\_012\\_2016\\_D.pdf](https://www.gsj.jp/data/MISC/PDF/GSJ_MAP_MISC_012_2016_D.pdf) (アクセス日 2024 年 1 月 10 日)
- 高橋佳孝 2004. 半自然草地の植生持続をはかる修復・管理法, 日本草地学会誌, 50(1): 99-106.
- 竹迫 紘 1991. フローインジェクション分析法による土壌抽出液のアンモニア態窒素の定量法, 日本土壌肥科学雑誌, 62(2): 128-134.
- 田中周平・藤井滋徳・山田 淳・尾藤 武 2002. 琵琶湖周辺ヨシ群落調査によるヨシの生育環境条件の検討, 環境工学研究論文集, 39: 459-465.
- 戸田浩人 1994. 森林土壌における窒素無機化の反応速度論的解析 (II). 土壌の含水率および pH の違いが窒素無機化過程に及ぼす影響, 日本林学会誌, 76(6): 540-546.
- 当真 要・佐藤翔平・泉 弥希・波多野隆介・西脇 亜也・山田敏彦 2012. 貧栄養土壌におけるススキ (*Miscanthus sinensis*) の地上部バイオマス生産に対する施肥効果—北海道苫小牧市における研究事例—, 北農, 79(2): 162-169.
- Ulrich, K. E. and Burton, T. M. 1985. The effect of nitrate, phosphate and potassium fertilization on growth and nutrient uptake patterns of *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel. *Aquatic Botany*, 21(1): 53-62.
- 渡辺晋生・中西真紀・草深有紀・武藤由子 2019. 不飽和浸透過程にある異なる温度の黒ボク土中のアンモニア態窒素の硝化, 農業農村工学会論文集, 87(1): I\_1-I\_8.
- Watanabe, T., Harsh, J.B., and Wagai, R. 2023. Short-range ordered aluminosilicates. In M.J. Goss and M. Oliver Eds. "Encyclopedia of soils in the environment, 2nd edition", pp. 121-134, Elsevier, Oxford.
- Weaver, R. M., Syers, J. K., and Jackson, M. L. 1968. De-termination of silica in citrate-bicarbonate-dithionite extracts of soils. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 32(4): 497-501.
- Yamada, K., Ito, K., Takahashi, T., Kanno, H., and Nanzyo, M. 2011. Inhibitory effect of acid Andosols on plants – is aluminum toxicity true for allophanic Andosols? *Soil Sci. Plant Nutr.*, 57(4): 491-499.
- 八巻一成 2021. 茨城県における半自然草原の変遷と戦略的保全の重要性, ランドスケープ研究, 84(5): 609-614.
- 山本玄珠・島津光夫 1998. 南部フォッサマグナの西八代層群の火山岩の岩石化学, 地球科学, 52(3): 171-187.
- 山本玄珠・奥水達司・青木智彦 2008. 富士山の基盤としての西八代層群の火山岩類の岩石化学, 富士山研究, 2: 1-13.
- 山元孝広・高田 亮・石塚吉浩・中野 俊 2005. 放射性炭素年代測定による富士火山噴出物の再編年. 火山, 50(2): 53-70.
- 山本嘉人 2001. 長期研究で明らかになった草原植生の多様な遷移過程, 日本草地学会誌, 47(4): 424-429.
- 山本嘉人・進藤和政・萩野耕司・平野 清・中西雄二・大滝典雄 2002. 阿蘇地域の半自然草地における火入れ中止にともなう植生の変化, 日本草地学会誌, 48(5): 416-420.
- YamaReco 道の駅朝霧高原(みちのえきあさぎりこうげん). <https://www.yamareco.com/modules/yamainfo/ptinfo.php?ptid=29969> (アクセス日 2022 年 12 月 22 日)
- 山戸美智子・服部 保・稲垣 昇 2001. 面積の縮小や管理方法の違いが大阪平野南部の半自然草原の種多様性に及ぼす影響, ランドスケープ研究, 64(5): 561-564.
- 山戸美智子・江間 薫・武田義明 2013. 近畿地方中部の半自然草原における面積と種多様性, 種組成の関係, 植生学会誌, 30(2): 119-126.
- 矢野悟道 1965. 草原植物の地下器官について: 第 1 報 ススキ (*Miscanthus sinensis* ANDERSON), 日本草地学会誌, 11(1): 48-54.

# Morphological features and physicochemical properties of soil profiles under vegetations dominated by *Miscanthus sinensis* or *Phragmites australis* in Asagiri Highland, Japan

Hiroko NAKATSUKA<sup>\*1, \*2</sup>, Yuki KIMURA<sup>\*1</sup>, Susumu YAMADA<sup>\*1</sup> and Arisa NOGUCHI<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> Tokyo University of Agriculture, Faculty of Agriculture

<sup>\*2</sup> hn206788@nodai.ac.jp

Keywords: Andosols, semi-natural grassland, *Poaceae*, parent materials, soil classification

## Summary

We investigated the morphological features and physicochemical properties of soils under vegetations dominated by *Miscanthus sinensis* (Site 1) or *Phragmites australis* (Site 2) in a semi-natural grassland, Asagiri Highland, central Japan. We considered factors that contribute differences between the distributions of the two grasses species. The soil of site 1 was generated from secondary sediments of the volcanic ejecta of Mt. Fuji. At site 2, buried horizons (39–65 cm) were observed in the soil profile. In addition, Al, Fe, and Si contents extracted by acid oxalate solution and phosphate absorption coefficient of site 2 were lower than those of site 1. These results suggest that the soil of site 2 is generated from mixed sediments, which are secondary sediments of the volcanic ejecta from Mt. Fuji and alluvial deposit from Tenshu Mountains. According to the Soil Classification System of Japan (2017), these pedons were classified as Cumulic Allophanic Andosol (site 1) and Thapto-humic Allophanic Andosol (site 2). In addition, abundance of rock and coarse sand, saturated hydraulic conductivity, and inorganic nitrogen concentration were higher in the surface horizons of site 1 than those of site 2, whereas exchangeable K and available P (Bray 2) concentrations of site 2 tended to be higher than those of site 1. These results suggest that the factors that contribute to the distributions of the two grass species are (1) abundance of rock and coarse sand, (2) permeability of topsoil, and (3) available nutrients (P, K, and N). Additionally, these differences are due to the deposition patterns of the soil parent materials.