

## 草原再生が半自然草原の植生と土壌に与える影響の検証（続報）

横川 昌史

熊本県

### 1. はじめに

昨年の中間報告書において、管理放棄によって遷移が進み、樹林になった草原を再生した後の 5 年間の植生の変化について報告した（横川 2015）。研究全体の目的などはそちらを参照されたい。昨年の時点では、本研究の調査地では草原再生によって草原植生に戻つつあるが、種組成を見ると欠落している植物種がいる可能性を指摘した。本年度の報告書では、調査地周辺の伝統的な管理が続けられている草原で得られた植生調査データと比較することで、再生後の種組成の状況について議論を行いたい。また、昨年度は報告できなかった土壌の化学性についても報告を行い、より総合的に樹林の伐採による草原再生の可能性を探りたい。

### 2. 調査地と方法

#### 2.1. 調査地

本研究では、熊本県阿蘇地域の東外輪山において、草原として維持されていたが植林や管理放棄などを経て落葉広葉樹の二次林になっていた場所を 2009 年の秋に伐採し、草原再生試験区をつくった。草原再生試験の詳細や調査地の管理については昨年度の報告書（横川 2015）を参照されたい。草原再生試験区に加えて、再生の効果を種組成から検討するため、熊本県阿蘇市旧波野村の中の 5 ヶ所において、筆者らの研究グループで行った植生調査のデータを参照した（高橋ほか 未発表）。これらの調査地には盗掘のおそれのある絶滅危惧植物を含むため、詳細な位置は公開しないが、ここでは調査地 A から E とする。調査地 A、B、C は伝統的な春の野焼きと夏から秋にかけての草刈りを続けている場所であり、近年に管理が放棄された履歴はない。調査地 D と E は近年に一度、管理放棄されているが樹林化する前に管理を再開している。現在では、調査地 D は春の野焼きと草刈りによって管理され、調査地 E は野焼きのみで管理されている。

#### 2.2. 植生調査

草原再生試験を行った場所の植生調査については昨年度の報告書（横川 2015）を参照されたい。今回新たに加えた 5 つの調査地では、2 m×2 m の植生調査枠を任意の場所に設定した。これらの調査枠内に生育する維管束植物の種名（亜種・変種を含む）と種ごとの被度、植生調査区全体の植被率および植生高を記録した。調査は、2011 年から 2014 年の間の 8 月に行った。季節を揃えて比べるため、草原再生試験区のデータのうち、2014 年 8 月および 2015 年 8 月のデータを比較に用いた。

#### 2.3. 土壌分析

草原再生試験区で 2014 年 5 月および 2015 年 5 月に、各調査区の近接地 5 ヶ所から、100 cm<sup>3</sup> ずつ土壌を採取し、それらを混合して持ち帰った。実験室において、室温で風乾させたあと、2 mm メッシュの篩にかけ、化学分析まで暗所にて保管した。土壌の化学性分析について、十勝農業協同組合連合会農産化学研究所に委託した。分析項目は、一般分析（pH（H<sub>2</sub>O）、有効態リン酸、カルシウム・マグネシウム・カリウム（交換性含量）、腐植含量、

土性、仮比重、塩基置換容量（CEC）、リン酸吸収係数、石灰飽和度、塩基飽和度）および窒素分析（アンモニア態窒素、硝酸態窒素、全窒素）である。

#### 2.4. データ解析

得られた植生調査表を整理し、すべての調査区のデータをプールした状態で出現頻度が10%以上の植物を抜き出した。これらの植物について、調査地ごとの出現頻度を計算し、出現頻度を次の5段階に区分した。すなわち、I：0%より大きく20%以下、II：20%より大きく40%以下、III：40%より大きく60%以下、IV：60%より大きく80%以下、V：80%より大きく100%以下の5段階である。これらの出現頻度データを元に表操作を行い、いくつかの植物群を抽出した。

また、宮脇（1994）に基づき、上記の出現頻度が10%以上の植物について、その生育環境を抜き出した。宮脇（1994）の生育地の記載に、荒地、畑耕作放棄地、乾燥地、畑地、牧草地、富栄養地、伐採地と記載のある植物の生育地を「路傍・荒地」に分類した。同様に、草原、草地、ススキクラス標徴種と記載のある植物の生育地を「草原」に、林縁と記載のある植物の生育地を「林縁」に、林内、溪側、疎林内と記載のある植物の生育地を「林内」に、湿地、河原、河畔、半陰地、湿性地、畦、適潤地、陰湿地と記載のある植物の生育地を「その他」に分類した。例えば、ゲンノショウコのように、「路傍・草原」などと生育地の記載が本研究の分類で複数の生育地にまたがっている場合は、複数の生育地としてダブルカウントした。また、宮脇（1994）に生育地の記載がなかった植物は、植物群別の生育地別の解析でカウントしなかった。そのため、各植物群に含まれる種数と生育地別の解析でのサンプル数は一致しないことに注意が必要である。

### 3. 結果と考察

#### 3.1. 阿蘇の東外輪山の草原再生試験区と伝統的な管理が行われている草原の出現頻度に基づく植物群の比較

植生調査区に出現した植物の種類数の平均値は、調査地 A が 33.8、調査地 B が 30.4、調査地 C が 26.0、調査地 D が 49.6、調査地 E が 24.8、再生試験区 2014 年 8 月が 43.0、再生試験区 2015 年 8 月が 45.4 だった。

植生調査のデータから求めた出現頻度を元に表操作を行ったところ、特定の調査地もしくは特定の調査地の組み合わせに特徴的に出現する5つの植物群を抽出できた(表1~5)。また、それぞれの植物群に含まれる植物の生育環境の比率を図1に示した。植物群 a はどの調査地にも出現する植物(表1)で、特にススキはすべての調査地において出現頻度が80%よりも高かった。植物群 a に含まれるものは、路傍・荒地に生育する種類と草原に生育する種類が多かった(図1)。植物群 b は草原再生試験区には出現しないが伝統的な管理を続けている場所では出現する植物(表2)で、その多くは草原に生育する植物であった(図1)。植物群 b のうち、生育地が草原であった植物は、サイヨウシャジン、カワラマツバ、トダシバ、ノアザミ、メドハギ、カワラナデシコ、オトコヨモギ、アキノキリンソウ、リンドウ、シラヤマギク、スマレ、アキカラマツ、チガヤ、ネコハギ、ウマノアシガタ、オカオグルマである。植物群 c は草原再生試験区とかつて管理放棄されたことがある草原で共通する植物(表3)で、その多くは林縁や林内に生育する植物であった(図1)。植物群

cのうち、林縁に生育するものはオニドコロ、ヤマノイモ、ツルフジバカマ、林内に生育するものはキツネノカミソリ、イヌワラビ、フタリシズカ、ヒトリシズカである。植物群 d は草原再生試験区で出現頻度が高く、伝統的管理を続けている場所で極めて出現頻度が低い植物（表 4）で、その多くが林縁や林内に生育する植物であった（図 1）。植物群 d のうち、林縁に生育するものはアケビ、ミズヒキ、ヤブマメ、アカネ、コアカソ、コチヂミザサ、マタタビ、林内に生育するものはキクムグラ、エナシヒゴクサ、ヤマイヌワラビ、ジュウモンジシダ、オククルマムグラであった。植物群 e は、草原再生地でのみ出現した植物で出現頻度が比較的低いもの（表 5）で、その多くは林縁に生育するものであった（図 1）。植物群 e で林縁に生育するものは、ナンバンハコベ、ノブドウ、ボタンヅル、ミツバアケビ、ヌルデ、トボシガラである。

草原再生試験区は、伝統的な管理が行われている草原に比べて、種数が多いが草原再生試験区に特徴的な植物群の多くは林縁や林内に生育するとされる植物であった。さらに、サイヨウシャジン、カワラマツバ、カワラナデシコ、オトコヨモギ、リンドウ、シラヤマギク、アキカラマツなど、阿蘇の東外輪山地域で伝統的な管理が行われている草原に普通に生育する植物は全く出現しなかった。草原再生試験区の種数が多いのは、草原再生の移行的な時期であり、森林性の植物と草原性の植物が共存しているためであると昨年度は報告した（横川 2015）。さらに、種組成を考えると欠落している草原性植物が存在する可能性を指摘したが、今回の解析から伝統的な管理が行われている草原に普通に生育する植物が再生していないことが明らかになった。本研究の結果からは、樹林化した元草原の管理を再開して草刈り続ける再生方法だと、5年から10年の時間スケールでは十分に種組成が戻らない可能性があると考えられる。

今回の調査地は、草原再生前、すなわち樹林の伐採前に植生調査を行っており、実際に林床に草原性の植物が少ないことは確認されている。すなわち、調査地近隣の伝統的な管理が行われている草原で普通に生育している植物の埋土種子は本調査地ではなかった可能性が高い。島根県三瓶山の樹林化した草原跡地で管理を再開した研究では、管理を再開する前には出現しなかったアリノトウグサやミツバツチグリ、ネコハギ、オオチドメが再生したことが報告されている（井上・高橋 2010）。本研究では、ミツバツチグリはすべての調査地で出現した植物群 a であり、草原再生前の林床にも被度は小さいが生育していた。ネコハギは草原再生試験区には出現しないが伝統的な管理を続けている場所で出現する植物群 b に含まれていた。また、茨城県南部で行われた研究では、草原性の植物のうち 24 種が埋土種子から発芽し、うち 16 種が長期的に維持される埋土種子である可能性が指摘されている（小柳ほか 2011）。この研究で埋土種子由来とされた 24 種のうち、本研究の植物群 b に含まれていたのはアキノキリンソウ、タカトウダイ、スマレ、メドハギ、ネコハギ、トダシバ、シラヤマギク、ノアザミ、ウマノアシガタであった。これらの先行研究に比べて、本研究では多くの草原性植物が新たに定着しなかった。再生前の樹林になっていた期間の長さなども埋土種子中の種組成等に影響がある可能性もあるため、今後、さらなる検討が必要である。

草原再生について、種子の供給源からの距離が長いほど種数の回復が遅いといった、種子散布が種数の回復の制限要因となる例が報告されており（Oster et al. 2009; Matsumura and Takeda 2010 など）、実際に重力散布や動物散布の植物の相対被度の増加が小さいことを昨

年度報告した（横川 2015）。本研究では、草原再生試験地周辺に種子の供給源がどれぐらいあるかは定量的に調査していないが、周りのほとんどは植林地であり、植物相が豊かな半自然草原は周縁にほとんど存在しない。そのため、周辺からの種子の供給は期待できない可能性が高い。

### 3.2. 土壌の化学性

本研究で行った2年分の土壌の化学性のデータを表6および7に示した。すでに同様の方法で分析していた土壌の化学性データと比較すると、pHのように管理再開によって減少傾向が見られたものがあるが、有効態リン酸や硝酸態窒素など明確な傾向が読み取れないものがほとんどであった（図2）。当初の仮説では、草原を再生して草の刈取りと持ち出しを続けていると、土壌はより貧栄養になり溶脱が進むと考えていたが、5年程度の時間スケールでは大きな変化はないのかもしれない。

セイタカアワダチソウなどの外来植物は、その生育状況と土壌のpHの間に強い関係があることが知られている（平舘 2008）。2014年から2015年のデータを用いて、植生調査区ごとのセイタカアワダチソウの被度と土壌pHの関係を調べたところ、両者には有意な性の相関があった（図3、ケンドールの順位相関係数 = 0.50、 $P < 0.01$ ）。草原性の植物の分布に土壌中のリン酸や土壌pHなど土壌化学性が強く影響していることがわかってきており（平舘 2008; Ceulemans et al. 2014）、今後の長い時間スケールでのモニタリングは重要になってくるだろう。加えて、草原再生の際に指標となりうる種組成外来植物の生育状況やなどにおいて土壌の効果の検討も必要かもしれない。

## 4. まとめ

本研究では、昨年度の報告（横川 2015）と合わせて樹林を伐採し草原再生を行った後の6年間の植生と土壌の化学性の変化を記録した。調査地あたりの種数は伐採後、すぐに飽和していたが、草原性の植物は徐々に増加し、木本種は減少するなど種の入替わりが起こっていた。また、優占種の変化を見てみると、年々、ススキの優占度が上がっており、見た目はススキ群落と呼べる状態まで再生している。このように種数や優占種を見ると、順調に見える草原再生であるが、近隣の伝統的な管理が行われている草原と種組成を比較すると、伝統的な管理を続けている草原で普通に見られる草原性の植物が多く欠落しており、草原再生の効果は十分でないと考えられた。また、今回の研究で対象にした5年程度の時間スケールでは土壌の化学性の変化が小さいことがわかったが、再生地内の化学性の不均一性がセイタカアワダチソウなどの外来植物の生育状況に関係している可能性が示された。これらの結果は、草原再生による生物多様性の保全を考えるときに、短期的な効果を見込むのではなく、少なくとも数年以上の時間スケールで管理の方針等を考える必要があり、種組成の回復において、そのソースの供給源をよく検討する必要があるかもしれない。加えて、植物だけでなく土壌の化学性など再生地の環境要因も考慮した方がより効果的な草原再生ができる可能性があると考えられた。

## 5. 謝辞

調査地の地主ご夫妻には調査研究を行うことについて快諾をいただき、樹木の伐採や草

原の草刈りなど膨大な作業をしていただきました。お二人の協力なしでは本研究は成り立ちませんでした。また、西日本草原研究グループのメンバーの方には植生調査を手伝っていただきました。以上の方々に心から感謝申し上げます。最後に、本研究へ助成していただいた TaKaRa ハーモニストファンドに厚く御礼申し上げます。

## 6. 引用文献

- Ceulemans T., Stevens C.J., Duchateau L., Jacquemyn H., Gowing D.J.G., Merckx R., Wallace H., van Rooijen N., Goethem T., Bobbink R., Dorland E., Gaudnik C., Alard D., Corcket E., Muller S., Dise N.B., Dupré C., Diekmann M., Honnay O. (2014) Soil phosphorus constrains biodiversity across European grasslands. *Global Change Biology* 20(12): 3814-3822.
- 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.
- 井上雅仁・高橋佳孝 (2010) 管理放棄により樹林化した草原跡地における管理再開が草原生植物の再生に及ぼす影響. *ランドスケープ研究* 73(5):759-762.
- 小柳知代・楠本良延・山本勝利・大久保悟・北側淑子・武内和彦 (2011) 管理放棄後樹林化したススキ型草地における埋土種子による草原生植物の回復可能性. *保全生態学研究* 16(1): 85-97.
- Matsumura, T. & Takeda, Y. (2010) Relationship between species richness and spatial and temporal distance from seed source in semi-natural grassland. *Applied Vegetation Science* 13: 336-345.
- 宮脇昭 責任編集 (1994) 日本植生便覧. 至文堂, 東京.
- Oster M., Ask K., Cousins S.A.O., Eriksson O. (2009) Dispersal and establishment limitation reduces the potential for successful restoration of semi-natural grassland communities on former arable fields. *Journal of Applied Ecology* 46(6): 1266-1274.
- 横川昌史 (2015) 草原再生が半自然草原の植生と土壌に与える影響の検証. 平成 26 年度 (第 29 回) タカラ・ハーモニストファンド研究助成中間報告.

和名	学名	調査地A	調査地B	調査地C	調査地D	調査地E	再生試験区 2014年	再生試験区 2015年
ススキ	<i>Miscanthus sinensis</i>	V	V	V	V	V	V	V
ヨモギ	<i>Artemisia indica var. maximowiczii</i>	I	I	I	V	IV	IV	IV
キジムシロ	<i>Potentilla fragarioides</i>	V	III	III	V	I	III	III
イタドリ	<i>Fallopia japonica</i>	I	V	V	I	I	I	I
ヒメジョオン	<i>Erigeron annuus</i>	IV	II	IV	V	-	V	V
ミツバツチグリ	<i>Potentilla freyniana</i>	-	III	I	V	III	V	IV
ゲンノショウコ	<i>Geranium thunberg</i>	-	I	I	I	II	V	V
スギナ	<i>Equisetum arvense</i>	-	I	I	V	V	IV	IV

表 1. どの調査地にも出現する植物（植物群 a）とその出現頻度。出現頻度に用いたローマ数字は、I が 0% より大きく 20% 以下、II が 20% より大きく 40% 以下、III が 40% より大きく 60% 以下、IV が 60% より大きく 80% 以下、V が 80% より大きく 100% 以下を、ハイフンは出現しなかったことを表す。

和名	学名	調査地A	調査地B	調査地C	調査地D	調査地E	再生試験区 2014年	再生試験区 2015年
サイヨウシャジン	<i>Adenophora triphylla</i>	V	V	V	V	I	-	-
カワラマツバ	<i>Galium verum</i> subsp. <i>asiaticum</i>	V	V	IV	IV	II	-	-
トダシバ	<i>Arundinella hirta</i>	V	V	V	V	-	-	-
サワヒヨドリ	<i>Eupatorium lindleyanum</i>	V	V	V	IV	-	-	-
アソコギリソウ	<i>Achillea alpina</i> subsp. <i>subcartilaginea</i>	V	V	IV	III	-	-	-
ノアザミ	<i>Cirsium japonicum</i>	V	V	IV	II	-	-	-
ホソバシユロソウ	<i>Veratrum maackii</i> var. <i>maackioides</i>	V	I	-	V	IV	-	-
メドハギ	<i>Lespedeza cuneata</i>	II	V	IV	I	-	-	-
カワラナデシコ	<i>Dianthus superbis</i> var. <i>longicalycinus</i>	II	V	II	I	-	-	-
オトコヨモギ	<i>Artemisia japonica</i>	I	IV	II	II	-	-	-
タカトウダイ	<i>Euphorbia lasiocaula</i>	IV	II	-	V	III	-	-
アキノキリンソウ	<i>Solidago virgaurea</i> subsp. <i>asiatica</i>	V	IV	II	II	-	-	-
リンドウ	<i>Gentiana scabra</i> var. <i>buergeri</i>	V	IV	III	I	-	-	-
シラヤマギク	<i>Aster scaber</i>	III	I	I	II	-	-	-
スミレ	<i>Viola mandshurica</i>	V	V	V	-	-	-	-
アキカラマツ	<i>Thalictrum minus</i> var. <i>hypoleucum</i>	V	-	-	V	V	-	-
チガヤ	<i>Imperata cylindrica</i> var. <i>koenigii</i>	IV	V	V	-	-	-	-
ネコハギ	<i>Lespedeza pilosa</i>	II	V	V	-	-	-	-
ウマノアシガタ	<i>Ranunculus japonicus</i>	V	III	III	-	-	-	-
オカオグルマ	<i>Tephrosia integrifolia</i> subsp. <i>kirilowii</i>	II	IV	V	-	-	-	-
ヨメナ	<i>Aster yomena</i>	IV	III	IV	-	-	-	-

表 2. 草原再生試験区には出現しないが伝統的管理を続けている場所で出現する植物（植物群 b）とその出現頻度。出現頻度に用いたローマ数字とハイフンの意味は表 1 と同じ。

和名	学名	調査地A	調査地B	調査地C	調査地D	調査地E	再生試験区 2014年	再生試験区 2015年
オニドコロ	<i>Dioscorea tokoro</i>	-	-	-	IV	V	IV	IV
ヤマホトギス	<i>Tricyrtis macropoda</i>	-	-	-	V	V	IV	IV
スイカズラ	<i>Lonicera japonica</i>	-	-	-	II	I	IV	IV
キツネノカミソリ	<i>Lycoris sanguinea</i>	-	-	-	V	IV	III	IV
イヌワラビ	<i>Athyrium niponicum</i>	-	-	-	III	V	III	IV
フタリシズカ	<i>Chloranthus serratus</i>	-	-	-	IV	V	II	III
クサアジサイ	<i>Cardiandra alternifolia</i>	-	-	-	III	V	II	II
ヤマノイモ	<i>Dioscorea japonica</i>	-	-	-	I	IV	II	II
オオバショウマ	<i>Cimicifuga japonica</i>	-	-	-	III	V	II	II
ヤマハッカ	<i>Isodon inflexus</i>	-	-	-	V	IV	II	I
アカショウマ	<i>Astilbe thunbergii</i> var. <i>thunbergii</i>	-	-	-	IV	I	I	II
オカトラノオ	<i>Lysimachia clethroides</i>	-	-	-	IV	III	I	I
ヒトリシズカ	<i>Chloranthus japonicus</i>	-	-	-	II	IV	I	II
ツルフジバカマ	<i>Vicia amoena</i>	-	-	-	V	I	III	III

表 3. 草原再生試験区とかつて管理放棄されたことがある草原で共通する植物（植物群 c）とその出現頻度。出現頻度に用いたローマ数字とハイフンの意味は表 1 と同じ。



和名	学名	調査地A	調査地B	調査地C	調査地D	調査地E	再生試験区 2014年	再生試験区 2015年
アケビ	<i>Akebia quinata</i>	-	-	-	-	-	V	V
アシボソ	<i>Microstegium vimineum</i>	-	-	-	-	-	V	V
キクムグラ	<i>Galium kikumugura</i>	-	-	-	-	-	V	V
ダイコンソウ	<i>Geum japonicum</i>	-	-	-	-	-	V	V
ミズヒキ	<i>Persicaria filiformis</i>	-	-	-	-	-	V	V
エナシヒゴクサ	<i>Carex aphanolepis</i>	-	-	-	-	-	V	V
ヤマアザミ	<i>Cirsium spicatum</i>	-	-	-	-	-	V	V
ハガクレツリフネ	<i>Impatiens hypophylla</i>	-	-	-	-	-	V	V
ヤマイヌワラビ	<i>Athyrium vidalii</i>	-	-	-	-	-	V	V
ウツギ	<i>Deutzia crenata</i>	-	-	-	-	-	V	V
セイタカアワダチソウ	<i>Solidago altissima</i>	-	-	-	II	-	V	V
ヤブマメ	<i>Amphicarpaea bracteata</i> subsp. <i>edgeworthii</i> var. <i>japonica</i>	-	-	-	-	I	V	V
シロヨメナ	<i>Aster ageratoides</i> var. <i>ageratoides</i>	I	-	-	-	-	V	V
ツボスミレ	<i>Viola verecunda</i>	I	-	-	-	-	V	V
フキ	<i>Petasites japonicus</i>	-	I	-	-	-	IV	IV
アカネ	<i>Rubia akane</i>	-	-	-	-	-	IV	IV
コアカソ	<i>Boehmeria spicata</i>	-	-	-	-	-	IV	IV
ヤマグワ	<i>Morus australis</i>	-	-	-	-	-	IV	IV
コチヂミザサ	<i>Oplismenus undulatifolius</i> var. <i>japonicus</i>	-	-	-	-	-	IV	IV
シオデ	<i>Smilax riparia</i>	I	-	-	I	I	IV	IV
ジュズスゲ	<i>Carex ischnostachya</i>	-	-	-	-	-	IV	III
ミヤマシケシダ	<i>Deparia pycnosora</i>	-	-	-	-	-	IV	III
マタタビ	<i>Actinidia polygama</i>	-	-	-	-	-	III	III
シケチシダ	<i>Cornopteris decurrenti-alata</i>	-	-	-	-	-	III	III
ジュウモンジシダ	<i>Polystichum tripterum</i>	-	-	-	-	-	III	III
オククルマムグラ	<i>Galium trifloriforme</i>	-	-	-	-	-	III	III

表 4. 草原再生試験区で出現頻度が高く、伝統的管理を続けている場所で極めて出現頻度が低い植物（植物群 d）とその出現頻度。出現頻度に用いたローマ数字とハイフンの意味は表 1 と同じ。

和名	学名	調査地A	調査地B	調査地C	調査地D	調査地E	再生試験区 2014年	再生試験区 2015年
タニソバ	<i>Persicaria nepalensis</i>	-	-	-	-	-	II	IV
アオミズ	<i>Pilea pumila</i>	-	-	-	-	-	II	II
ナンバンハコベ	<i>Silene baccifera</i> var. <i>japonica</i>	-	-	-	-	-	III	II
ナガバモミジイチゴ	<i>Rubus palmatus</i> var. <i>palmatus</i>	-	-	-	-	-	II	II
オトコエシ	<i>Patrinia villosa</i>	-	-	-	-	-	II	II
ナガミノツルケマン	<i>Corydalis raddeana</i>	-	-	-	-	-	II	II
ノブドウ	<i>Ampelopsis glandulosa</i> var. <i>heterophylla</i>	-	-	-	-	-	II	II
ポタンヅル	<i>Clematis apiifolia</i>	-	-	-	-	-	II	II
ミツバアケビ	<i>Akebia trifoliata</i>	-	-	-	-	-	II	II
ワラビ	<i>Pteridium aquilinum</i>	-	-	-	-	-	II	II
イヌタデ	<i>Persicaria longiseta</i>	-	-	-	-	-	I	II
セイヨウタンポポ	<i>Taraxacum officinale</i>	-	-	-	-	-	II	II
ヌルデ	<i>Rhus javanica</i> var. <i>chinensis</i>	-	-	-	-	-	II	I
カタバミ	<i>Oxalis corniculata</i>	-	-	-	-	-	II	II
クマイチゴ	<i>Rubus crataegifolius</i>	-	-	-	-	-	II	I
ハエドクソウ	<i>Phryma leptostachya</i> subsp. <i>asiatica</i>	-	-	-	-	-	I	II
イノデ	<i>Polystichum polyblepharon</i>	-	-	-	-	-	II	I
トボシガラ	<i>Festuca parvigluma</i>	-	-	-	-	-	I	II

表 5. 草原再生地でのみ出現した植物で出現頻度が比較的低いもの（植物群 e）とその出現頻度。出現頻度に用いたローマ数字とハイフンの意味は表 1 と同じ。

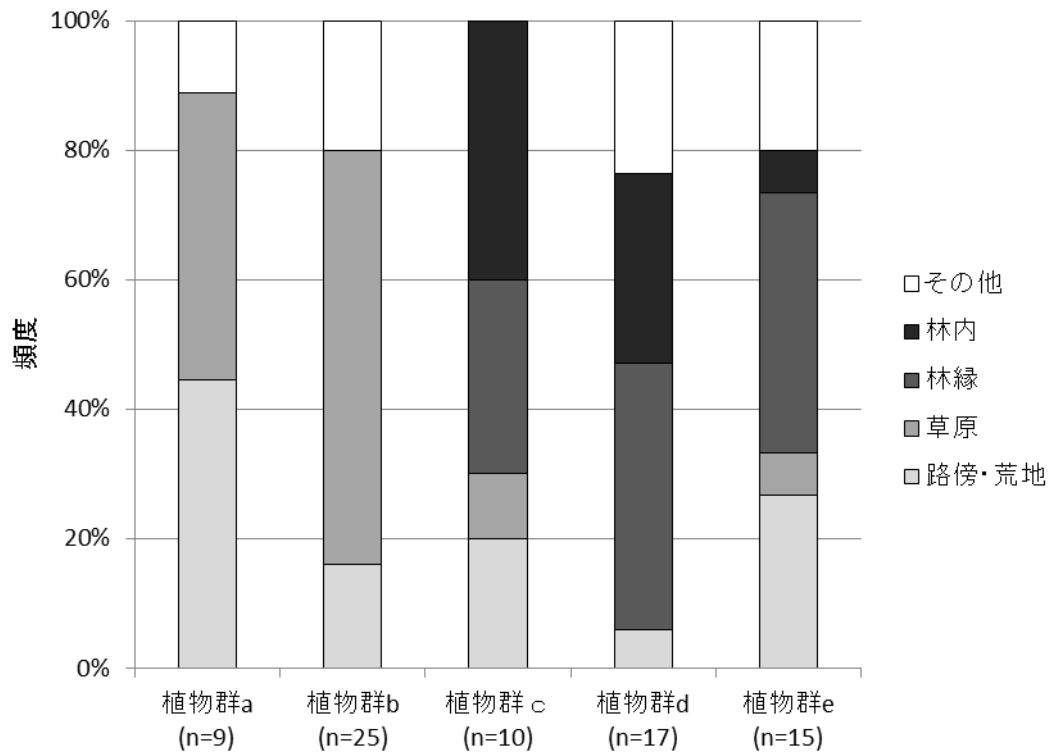


図 1. 出現頻度から分類した各植物群内に含まれる植物種の生育環境の割合。各種群の一覧については表 1~4 を参照。植物群 a：どの調査地にも出現する植物、植物群 b：草原再生試験区には出現しないが伝統的管理を続けている場所で出現する植物、植物群 c：草原再生試験区と一時的に放棄した草原で共通する植物、植物群 d：草原再生地で出現頻度が高く、伝統的管理を続けている場所で出現頻度が低い植物、植物群 e：草原再生地でのみ出現した植物

採集年	調査区	pH (H <sub>2</sub> O)	有効態 リン酸 mg/100g	交換性K mg/100g	交換性Mg mg/100g	交換性Ca mg/100g	石灰 飽和度%	塩基 飽和度%	全窒素 %	硝酸態窒素 mg/100g	アンモニア 態窒素 mg/100g	リン酸 吸収係数	塩基置換 容量 me/100g	仮比重
2014	1-1	5.8	2.7	20.9	58.3	773.5	65.3	73.2	0.73	2.74	2.4	1965	42.2	0.66
2014	1-2	5.8	2.3	30.6	70.8	699.9	62.1	72.4	0.74	3.25	2.91	1933	40.2	0.56
2014	1-3	5.7	2.3	26.9	56	595	57.7	66.8	0.62	2.52	2.45	1910	36.8	0.66
2014	1-4	5.8	2.1	22.6	51.9	520.2	55.7	64.9	0.46	2.6	2.23	1880	33.3	0.71
2014	1-5	5.8	2.8	28.9	54.4	521.2	53.1	62.5	0.64	2.06	2.45	1861	35	0.64
2014	1-6	6.1	0.8	32.5	59.6	880.7	75.4	84.1	0.61	4.49	2.73	2213	41.7	0.6
2014	1-7	5.9	0.6	29.7	57.2	728.1	61.8	70.1	0.63	6.38	3.18	2293	42	0.6
2014	1-8	6	1.9	32.3	57.5	678.4	65.8	75.4	0.6	2.6	2.42	1959	36.8	0.62
2014	1-9	6	0.7	32.4	48.4	552.2	54.7	63.3	0.57	2.1	2.47	2150	36	0.65
2014	2-1	6	1.6	22.5	72.6	946.6	79.6	89.3	0.63	2.83	2.22	2039	42.4	0.64
2014	2-2	6	1.3	29.7	47.1	395.8	44.4	53.7	0.48	2.08	1.81	2027	31.8	0.69
2014	2-3	6	1.1	38.3	63.5	691.7	56.7	65.8	0.58	3.65	2.43	2078	43.5	0.62
2014	2-4	6	5.1	29.6	58.5	644.1	64.5	74.5	0.64	3.55	2.06	1944	35.6	0.66
2014	2-5	6.1	1.6	38.8	58.3	609.4	53.9	63.2	0.57	2.13	2.19	1989	40.3	0.62
2014	2-6	6.2	1.1	39	52.9	624.5	63.8	73.7	0.52	2.09	2.21	2043	34.9	0.64
2014	2-7	6.2	2.8	38.5	71.3	901.9	67.7	76.8	0.64	4.6	2.15	2198	47.5	0.58
2014	2-8	6.1	1.1	33.7	44.7	539.4	57.3	66	0.52	3.15	2.35	2012	33.6	0.62
2014	2-9	6.1	0.8	39.1	54.6	462.6	46.3	56.2	0.54	2.59	2.14	1976	35.6	0.65

表 6. 2014 年に採取した土壌の化学性データ。

採集年	調査区	pH (H <sub>2</sub> O)	有効態 リン酸 mg/100g	交換性K mg/100g	交換性Mg mg/100g	交換性Ca mg/100g	石灰 飽和度%	塩基 飽和度%	全窒素 %	硝酸態窒素 mg/100g	アンモニア 態窒素 mg/100g	リン酸 吸収係数	塩基置換 容量 me/100g	仮比重
2015	1-1	5.8	2.3	15.5	41.1	445.6	47.2	54.2	0.59	1.06	2.23	1877	33.7	0.68
2015	1-2	5.8	2.6	17	50.7	518.2	52	60.1	0.66	1.02	2.64	1911	35.6	0.66
2015	1-3	5.9	2.4	18.8	60.6	617.1	54.8	63.3	0.69	0.96	0.85	1993	40.2	0.65
2015	1-4	5.9	1.8	15.7	47.5	534.4	57.8	66	0.54	0.82	2.06	2022	33	0.65
2015	1-5	5.9	1.6	18.7	37.5	332.4	36.6	43.6	0.56	1.22	1.61	1944	32.4	0.69
2015	1-6	6.1	0.6	18.8	41.1	498.9	46.1	52.4	0.5	1.05	2.29	2296	38.6	0.58
2015	1-7	6.1	0.5	25	49.5	669.7	59.1	66.5	0.57	2.14	2.26	2316	40.4	0.57
2015	1-8	6.1	1.1	19.3	44.1	497.9	58.4	66.9	0.52	0.8	1.56	2043	30.4	0.63
2015	1-9	6	0.3	28.5	39.3	457.1	44.8	51.9	0.49	1.02	1.99	2349	36.4	0.7
2015	2-1	6.1	1.5	12.7	42.5	521.2	63.2	71.2	0.42	0.96	1.83	1863	29.4	0.74
2015	2-2	6	1.5	26.9	63	654	53.2	61.6	0.64	1.29	2.02	2165	43.8	0.64
2015	2-3	6.1	0.7	23.5	35.7	396.1	51	59.2	0.36	0.77	1.77	1871	27.7	0.74
2015	2-4	6.1	4.4	20.5	68.5	739.4	3.8	73	0.59	1.1	2.28	2094	41.4	0.61
2015	2-5	6.2	1.4	33.1	54.1	576.9	54.5	63.4	0.55	0.21	1.96	2183	37.8	0.67
2015	2-6	6.2	1.1	34.3	58	646.3	62.7	72.5	0.54	0.8	2.03	2074	36.8	0.53
2015	2-7	6.1	3	24.9	73	856.2	62.3	70.8	0.69	1.68	2.63	2096	49	0.61
2015	2-8	6.1	0.3	20.2	35.2	367.9	40.5	47.2	0.43	0.64	1.74	2201	32.4	0.69
2015	2-9	6	1	30.4	73.7	584.3	52.1	62.9	0.59	1.57	2.39	2113	40	0.66

表 7. 2015 年に採取した土壌の化学性データ。

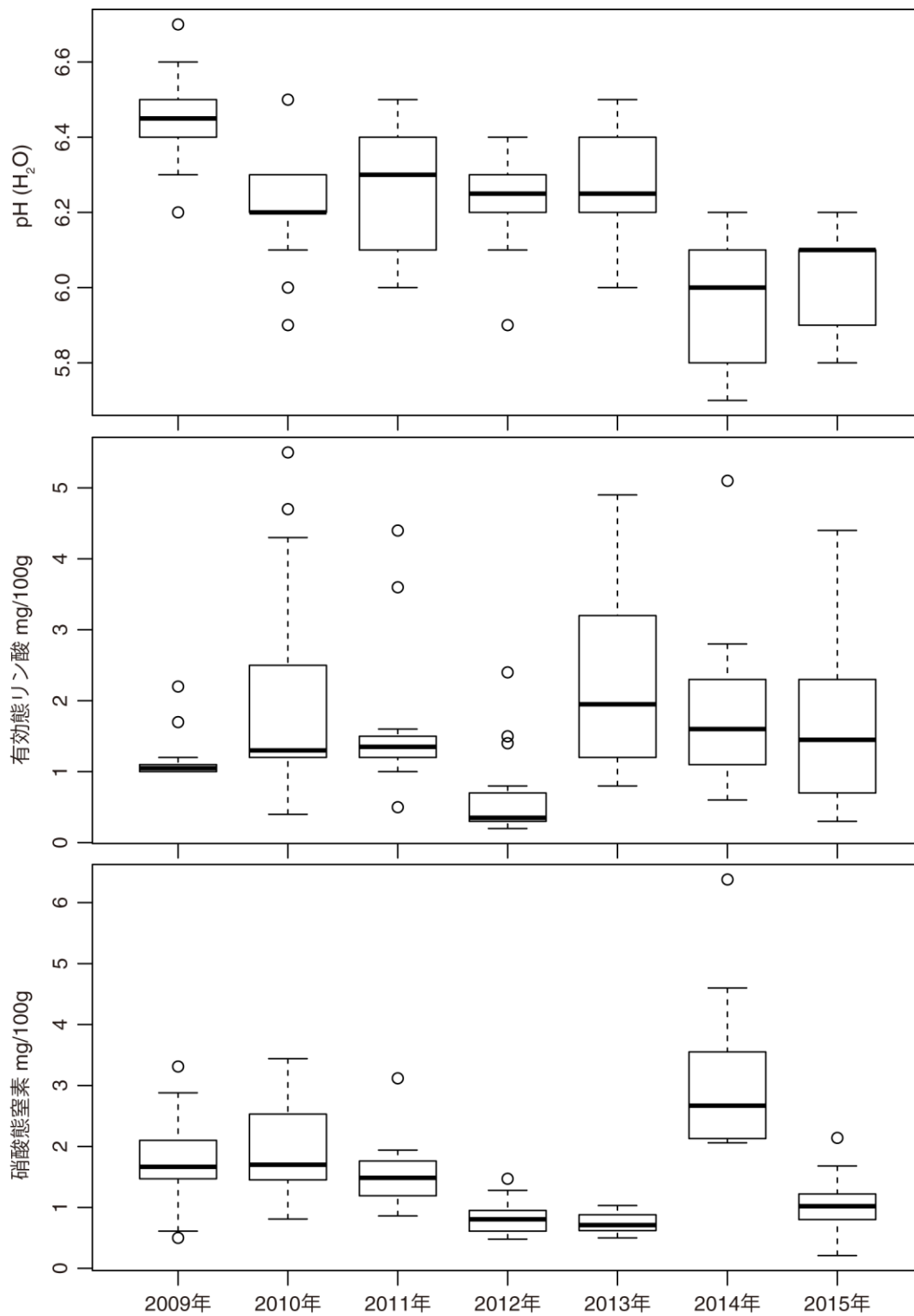


図2. 草原再生試験区における pH (H<sub>2</sub>O)、有効態リン酸、硝酸態窒素の年変動。2009 年は林床で採取した土壌を分析した。2010 年の秋に伐採を行っており、2010 年以降は高木がない状態。

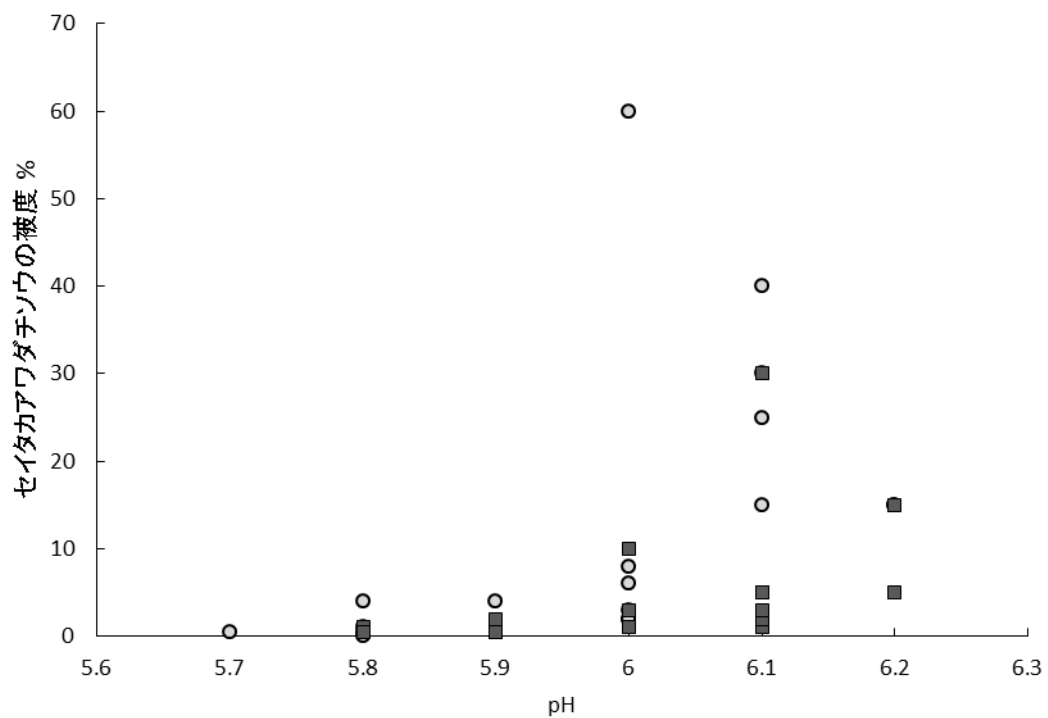


図3. 各調査区のセイトカアワダチソウの被度と pH の関係。丸は 2014 年のデータを、四角は 2015 年のデータを表す。両者には有意な正の相関関係があった（ケンドールの順位相関係数 = 0.50、 $P < 0.01$ ）。