

令和 5 年 6 月 18 日現在

機関番号：84433

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18H03415

研究課題名(和文) 新しい草原再生の指針の構築：生態系成立基盤である土壌化学性に立脚して

研究課題名(英文) Building a new guideline for grassland restoration: based on soil chemical properties as the foundation of ecosystems

研究代表者

横川 昌史 (Yokogawa, Masashi)

地方独立行政法人大阪市博物館機構 (大阪市立美術館、大阪市立自然史博物館、大阪市立東洋陶磁美術館、大阪・大阪市立自然史博物館・学芸員)

研究者番号：30649794

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,600,000円

研究成果の概要(和文)：近年、減少が著しい半自然草原の植物を効果的に保全するため、土壌化学性に注目して、1. 野外調査、2. 室内実験、3. 野外操作実験の3つのアプローチで半自然草原の種組成の形成過程について評価した。1. 野外調査によって過去の土壌変化は野生植物の多様性を長期間に渡って低下させ、土壌化学性が直接的に負の影響を与える可能性を明らかにした。2. 室内での栽培実験によって、植物の生育状況と土壌化学性は強く関連しており、特に富栄養条件で在来植物の生育が不利になる可能性が示唆された。3. 化学資材を用いた土壌化学性の復元による草原再生の可能性を検証したが、この実験について明瞭な結果が得られなかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

過去100年程度の間半自然草原が激減し、多くの草原生植物が絶滅の危機に瀕している中、日本各地で草原再生が進められているが、その種組成の復元についてはうまくいっていないケースも多い。本研究によって、過去の土壌変化が半自然の種組成を長期間に渡って変えてしまうこと、富栄養条件では在来植物の生育が相対的に不利になること、などが明らかになった。これらの成果は保全対象となる場所の過去の土地利用履歴や現在の土壌化学性を詳しく評価することで、より効率的に草原保全が進められる可能性を示しており、今後の草原再生の可能性をより広げるものである。

研究成果の概要(英文)：In order to more effectively conserve plants of semi-natural grasslands, which have been declining rapidly in recent years, we evaluated the establishment of species composition in semi-natural grasslands using three approaches: 1) field surveys, 2) indoor experiments, and 3) field manipulation experiments. Field studies revealed that past soil modification can cause long-term reductions in wild plant diversity, and soil chemistry can have a direct negative impact on wild plants diversity. 2. Indoor cultivation experiments revealed that plant growth conditions are strongly related to soil chemistry, particularly under eutrophic conditions, native plant growth may be disadvantaged. 3. Field manipulation experiments using chemical materials were conducted to verify the possibility of grassland restoration, but no clear results were obtained.

研究分野：植物生態学

キーワード：半自然草原 草原再生 植生 種組成 土壌化学性 発芽 野外操作実験

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

半自然草原(以下、草原)は採草・火入れ・放牧といった人と自然の相互作用が長い間続くことによって維持されてきた生態系であり、そのような歴史の中で独自の生態系をつくってきた。一方で、過去100年程度の間には草原の面積は著しく減少したため(Ohta et al. 2022)、多くの草原生植物が絶滅の危機に瀕しており、草原は早急な保全が必要な生態系であると認識されている。しかしながら、草原再生は必ずしも簡単ではなく、管理放棄や土地利用転換によって植生が変化した草原において採草・火入れ・放牧といったかつての営みと同じ管理を再開しても植物の種組成が戻らないケースが多く報告されている(例えば、Török et al. 2011)。このような課題について様々な検討が試みられてきたが、本研究では土壌化学性に注目し、より効果的な草原再生のための基礎的知見を提示したいと考えた。

2. 研究の目的

『人為的な要因による土壌化学性の変化が直接的に植物に影響し、種多様性を低下させる』という仮説について、野外調査、室内での栽培実験、野外操作実験の3つのアプローチから検証し、より実証的で新しい草原再生の方法論を議論すること

3. 研究の方法

(1) フィールド研究による土壌改変が野生植物の種組成に与える影響の評価

岡山県蒜山地域および島根県隠岐諸島において、過去に土壌改変を受けたが現在は同じように管理されている草原と隣接する過去に土壌改変を受けていない草原の植生および土壌化学性を比較し、過去の土壌改変が草原の植物の種組成と土壌化学性に与える影響を評価した。蒜山地域では、1970年代に土壌の耕起と施肥を行った草原があり、そこに隣接する土壌改変履歴がない草原と比較を行った。隠岐諸島においては、1970年に耕起はせず施肥と牧草の播種を行った草原があり、そこに隣接する土壌改変履歴がない草原と比較を行った。

(2) 室内での栽培実験による土壌化学性が植物の成長に及ぼす影響の評価

野外で採集した植物の種子を用いて、可給態リン酸およびpHの条件をコントロールした栽培実験を行い、土壌化学性と植物の初期成長の関係を評価した。実験には在来植物としてオミナエシを、外来植物としてメマツヨイグサやコセンダングサを用い、同様の実験について、在来植物のキキョウなどを用いた先行研究の結果と合わせて比較した。

(3) 化学資材を用いた草原再生の可能性の評価

岡山県蒜山地域のかつて土壌改変を受けた草原において、塩化アルミニウムや塩化鉄を撒くことで、富栄養化および高pH化した土壌を貧栄養かつ低pHな状態に矯正することで、草原再生が可能かを検証した。塩化アルミニウムの多・少、塩化鉄の多・少、無処理の5つの処理区を5反復で作製し、それぞれの処理区にアキノキリンソウ・オミナエシ・キキョウ・サワヒヨドリ・シラヤマギク・ヤマハッカ、ワレモコウを播種して定着状況の評価した。

4. 研究成果

(1) フィールド研究による土壌改変が野生植物の種組成に与える影響の評価

火入れと草刈りで管理されている岡山県蒜山地域の鳩ヶ原において、過去の土壌改変がなかった草原では1m×1mの調査区あたりの平均出現種数が21.8種だったのに対して、過去の土壌改変があった草原では13.1種であった。その組成を精査すると、土壌改変の有無に関わらず、優占種はススキやワラビ、ヤマハギであったが、そのほかの植物の出現頻度が大きく違っていた(表1)。過去の土壌改変なしの草原ではオオバギボウシやオオアブラススキ、シラヤマギクといった草原生の植物が高頻度で出現したが、過去の土壌改変ありの草原ではこれ

表1. 岡山県蒜山地域鳩ヶ原の草原における過去の土壌改変の有無による種組成の違い、全体の出現頻度50%以上の種および土壌改変の有無による指標種分析でindicator valueが0.6以上だったもののみを示した。各処理での出現頻度が0.5以上のものを下線でしめし、出現しなかったものは「-」で示した。

種名	過去の土地改変なし		過去の土地改変あり	
	頻度	被度	頻度	被度
全体の出現頻度50%以上の種				
ススキ	<u>1.00</u>	31.90	<u>1.00</u>	39.00
ワラビ	<u>1.00</u>	27.55	<u>0.55</u>	6.15
ヤマハギ	<u>0.80</u>	15.11	<u>0.80</u>	13.81
ニガナ	<u>0.70</u>	0.21	<u>0.65</u>	0.07
カシワ	<u>0.50</u>	4.87	<u>0.45</u>	1.17
土壌改変なしの指標種				
オオバギボウシ	<u>0.85</u>	24.15	0.05	0.01
クリ	<u>0.70</u>	14.06	0.05	0.05
オオアブラススキ	<u>0.80</u>	8.26	0.20	1.75
シラヤマギク	<u>1.00</u>	3.17	0.15	1.66
イヌヨモギ	<u>0.85</u>	1.57	-	-
オカトラノオ	<u>0.95</u>	1.42	-	-
アキノキリンソウ	<u>0.95</u>	1.38	-	-
ノギラン	<u>0.65</u>	0.83	-	-
チゴユリ	<u>0.60</u>	0.20	-	-
土壌改変ありの指標種				
クズ	-	-	<u>1.00</u>	29.50
ヒメジョオン	-	-	<u>1.00</u>	3.76
ヨモギ	-	-	<u>0.90</u>	5.26
ヒメスイバ	-	-	<u>0.60</u>	0.53

らの種の出現頻度は著しく低かった。また、過去の土壌改変ありの草原において高頻度で出現した、クズやヒメジョオン、ヨモギなどの攪乱を受けた場所や富栄養な場所を好む植物は、土壌改変なしの草原には出現しなかった。植生高については、土壌改変ありで低い傾向にあり、また土壌中の可給態リン酸の含有量については、土壌改変ありで高い傾向にあった。

島根県隠岐諸島において、放牧で管理されている過去に施肥および牧草が播種された草原とそのような土壌改変がなかった草原で同様の比較を行ったところ、蒜山地域と同じ傾向の結果が得られた。すなわち、過去の土壌改変の有無に関わらず優占種はシバであり、土壌改変ありの草原は土壌改変なしの草原に比べて出現種数が少なく、種組成が異なっており、土壌中の硝酸態窒素や可給態リン酸の含有量は土壌改変ありの草原で高かった。この隠岐諸島の調査地については1970年に施肥や播種をした際の使用した肥料や種子の量などのデータが残っており、50年前の土壌改変の影響をより詳細に検討することができた。

これらの結果は過去の土壌改変が草原の種組成に大きく影響し、優占種が戻ってきた後であっても一部の種が欠落することを示している。これまでの研究は、土壌の富栄養化によって優占種が大きくなることでより小さな植物が欠落する可能性が指摘されてきたが（例えば、Melts et al. 2018）、本研究の結果は優占種の植生高に関わらず、草原生植物の欠落が起こっていることから、土壌化学性が直接的に作用して草原の種組成を変える可能性を示唆している。

(2) 室内での栽培実験による土壌化学性が植物の成長に及ぼす影響の評価

在来植物であるオミナエシと外来植物であるコセンダングサについて、栽培実験によって土壌環境適性を評価した結果、どちらの植物も土壌 pH が 4.4 と強酸性、あるいは可給態リン酸量が 51 mg P₂O₅ kg⁻¹ と貧栄養な土壌環境では、リンを吸収できずに十分に生育できなかった。また、pH を上昇させ、かつ可給態リン酸量を増やすと、両植物は生育量を大きく増加させたが、その増加量はコセンダングサの方が著しく大きかった。このことから、オミナエシは、とくに富栄養的な環境で他の植物よりも相対的に不利となる可能性が示唆された。一方で先行研究と比較すると、在来植物のキキョウは強酸性・貧栄養な土壌での生育が良く、メマツヨイグサは強酸性・貧栄養な土壌でもある程度成長し、弱酸性・富栄養な土壌でより成長が良いことが示されている。これらの結果を総合すると在来植物か外来植物かというくりでは単純比較はできないが、過去の土壌改変がない強酸性・貧栄養な土壌環境では、相対的に在来植物の方が有利な可能性がある。植物の種ごとに土壌化学性の変化に対する成長特性は異なっており、他種との関係も含めて、より詳細な研究が必要であろう。

(3) 化学資材を用いた草原再生の可能性の評価

蒜山地域に設定した野外操作実験区の処理区ごとの調査初年度の植物の発芽・定着率の平均値はアキノキリンソウで 0.08、オミナエシで 0.06、キキョウで 0.11、サワヒヨドリで 0.06、シラヤマギクで 0.06、ヤマハッカで 0.05、ワレモコウで 0.00 であった。多くの植物で発芽・定着率は 0.1 を下回っており、ワレモコウについては調査期間中、発芽は確認できなかった。発芽定着率について、化学資材の処理ごとの違いを検討したところ、処理による特定の傾向は認められなかった。この要因についてはさらなる検討が必要であるが、調査区を設置した場所は、過去の土壌改変から長い時間が経っており、化学資材の処理の効果があまりなかった可能性がある。

この実験で興味深かったのは、化学資材処理前の 1m × 1m の調査区の平均出現種数は 7.0 種と、結果 (1) で得られた過去の土壌改変ありの草原よりも出現種数が少なく、典型的な草原生植物はほとんど出現しなかったことである。そのため、実験区を設定した場所は土壌化学性による強い生育制限があると考えたが、実際に草原生植物を播種してみると多くの種で発芽・定着が見られた。蒜山地域においても先行研究でよく指摘される草原の種組成形成における種子散布制限 (Öster et al. 2009) がある可能性がある。

本研究の結果から、過去の土壌改変が草原生植物の種組成に与える影響は大きく、土壌改変後、数十年経って優占種が戻った場合でもあっても欠落する植物が存在すること、また日本の土壌のような強酸性・貧栄養な土壌環境では相対的に在来植物が有利になる可能性があること、が示されたことから、草原再生を行うにあたりあらかじめ土壌化学性を精査することで、より効率的な草原再生を進めることができると考えられた。一方、土壌改変の影響が大きく残っている草原において、より効率的な草原再生を行うための化学資材の利用については十分なデータは得られなかったため今後、より詳細な研究を進める必要がある。

< 引用文献 >

- Melts et al. 2018. Ohta Y. et al. 2022. Changes in the distribution of grassland in the twentieth century in the Chugoku region of western Japan. *Landscape and Ecological Engineering* 18:125-130. *Journal of Applied Ecology* 55(4):1951-1955.
- Ohta Y. et al. 2022. Changes in the distribution of grassland in the twentieth century in the Chugoku region of western Japan. *Landscape and Ecological Engineering* 18:125-130.
- Öster et al. 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.
- Török P. et al. 2011. Grassland restoration on former croplands in Europe: an assessment of applicability of techniques and costs. *Biodiversity and Conservation* 20:2311-2332.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Tsutsumi Michio, Hiradate Syuntaro, Yokogawa Masashi, Yamakita Eri, Inoue Masahito, Takahashi Yoshitaka	4. 巻 17
2. 論文標題 A single application of fertilizer can affect semi-natural grassland vegetation over half a century	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0275808
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1371/journal.pone.0275808	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 横川 昌史	4. 巻 68(10)
2. 論文標題 大阪府のヤマサギソウの分布記録の追記：信太山産の標本について	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nature Study	6. 最初と最後の頁 10
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 横川 昌史	4. 巻 77
2. 論文標題 1896年に採集された大阪府産のマツナの標本を見いだす	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 大阪市立自然史博物館研究報告 = Bulletin of the Osaka Museum of Natural History	6. 最初と最後の頁 51～56
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.20643/00001674	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 横川 昌史	4. 巻 75
2. 論文標題 2020年に新型コロナウイルス感染症の影響で中止になった半自然草原の火入れの記録	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 大阪市立自然史博物館研究報告 = Bulletin of the Osaka Museum of Natural History	6. 最初と最後の頁 107～111
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.20643/00001517	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 高田みちよ・横川昌史・梅原 徹	4. 巻 66(6)
2. 論文標題 茨木市で見つけたコキンバイザサ	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature Study	6. 最初と最後の頁 6-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 横川昌史・増井太樹・飯村孝文	4. 巻 70
2. 論文標題 半自然草原の管理放棄に伴う植物種ごとの欠落パターン：栃木県日光市土呂部の例	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 生物科学	6. 最初と最後の頁 225-229
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 横川昌史・太田陽子
2. 発表標題 シカ過採食下の山頂石灰岩草原の成れの果て植生：アメリカオニアザミの定着について
3. 学会等名 日本生態学会第70回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 横川昌史・堤道生・平館俊太郎
2. 発表標題 過去の土壌変化が半自然草原の種組成に与える長期的な影響：典型的な植物種の欠落
3. 学会等名 日本生態学会第69回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 竹原芽衣子・津守玲・森裕樹・平舘俊太郎
2. 発表標題 セイタ カアワダチソウ, キキョウ, カワラケツメイの生育に及ぼす土壤化学特性の影響
3. 学会等名 日本生態学会第68回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 堤道生・平舘俊太郎・横川昌史・井上雅仁・高橋佳孝
2. 発表標題 49年前の草地改良がシバ草地の 植生と土壤化学性に及ぼす影響
3. 学会等名 日本草地学会（新潟オンライン大会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 津守玲・山根明・森裕樹・平舘俊太郎
2. 発表標題 宝満川堤防法面におけるセイバンモロコシの分布と土壤の植物養分可給性の関係
3. 学会等名 日本生態学会第67回全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 横川昌史・増井太樹・堤道生・平舘俊太郎
2. 発表標題 過去の土壤改変が半自然草原植生に与える影響：蒜山地域の例
3. 学会等名 日本生態学会第67回全国大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	平舘 俊太郎 (Hiradate Shuntaro) (60354099)	九州大学・農学研究院・教授 (17102)	
研究 分担者	堤 道生 (Tsutsumi Michio) (70373248)	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・西日本 農業研究センター・上級研究員 (82111)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------