

短 報

過去の草地改良が草原植生に与える影響：阿蘇地域での一例

大阪市立自然史博物館

熊本植物研究所

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

横 川 昌 史 *

佐 藤 千 芳

高 橋 佳 孝

Effects of past grassland improvement on grassland vegetation: a case study of Aso Region, Japan. Masashi Yokogawa*, (*Osaka Museum of Natural History*), Chiyoshi Sato (*Kumamoto Plant Research Station*) and Yoshitaka Takahashi (*Western Region Agricultural Research Center, NARO*)

In Aso region, Kumamoto Prefecture, Japan, there are many grasslands that have undergone grassland improvement in the past. Many of these are currently managed by burning, grazing, and mowing as well as surrounding semi-natural grasslands. Although these improved grasslands in the past are dominated by native plants, the difference in the species richness and composition compared with surrounding semi-natural grasslands are not well understood. In this study, we analyzed a data set obtained from 24 vegetation survey plots (each 1m x 1m) in these grasslands, and compared the species richness and composition between them. As a result, although the frequency of occurrence and mean cover of the dominant species were similar between formerly improved grasslands and semi-natural grasslands, the number of species per plot was significantly smaller and the indicator species of semi-natural grasslands were absent in the formerly improved grasslands. These results suggest that past grassland improvement had negative effects on plant species richness and composition in grasslands.

Keywords : semi-natural grassland, grassland improvement, conservation, nature restoration, indicator species

要旨：熊本県阿蘇地域には過去に草地改良を受けた草原が多く存在し、それらの多くは現在では周囲の半自然草原と同様に火入れや放牧、採草によって管理されている。このような草地改良履歴を持つ草原は、周囲の半自然草原と同様に在来植物が優占しているものの、これらの種数や種組成の違いはよくわかっていない。本研究では24の1m×1mの調査枠から得られたデータを解析し、草地改良履歴を持つ草原とそれに隣接する半自然草原の種数と種組成を比較した。その結果、これらの草原では優占種の出現頻度や平均被度に大きな差はなかったものの、草地改良履歴を持つ草原では著しく種数が少なく、半自然草原の指標種が欠落していた。これらの結果は過去の草地改良が草原植生の種数や種組成に負の影響を与える可能性を示唆している。

キーワード：半自然草原，草地改良，保全，自然再生，指標種

はじめに

半自然草原は火入れ・草刈り・放牧など人の管理によって維持されてきた生態系である。かつては田畑に供給する緑肥や農耕用の牛馬の飼料

として草は欠かせない資源であった（野田ほか，2011）。一方で、化学肥料や耕耘機の普及により、人々の生活の中で草原の草を利用することはほとんどなくなった。その結果、各地で半自然草原の管理が行われなくなり、それらの多くが森林へ

と遷移している。明治時代以降、原野（草原）は著しく減少したと考えられており（矢原・川窪, 2002；小椋, 2012）、その結果、草原に生息・生育する生き物の多くが絶滅の危機に瀕している（藤井, 1999；兼子ほか, 2009；須賀, 2010）。このような状況を背景に、各地で草原再生の機運が高まりつつあり、様々な保全活動や自然再生事業が実施されている（例えば高橋, 2009；橋本ほか, 2012；大西ほか, 2013）。

一方で、畜産の盛んな地域では、牛馬の飼料として栄養価の高い牧草の増産を目的に半自然草原が改良草地（人工草地）に変えられてきた（高橋ほか, 2011）。改良草地とは、耕起や牧草の播種、施肥などによって、外来牧草を導入した草地のことであり、牧草の生産性が低下すると改めて耕起や播種、施肥を行って更新されることが多い。戦後の畜産振興を背景に日本各地で改良草地が造成されてきたため、半自然草原を再生するには改良草地の存在を考慮すべき地域も多いと考えられる。熊本県阿蘇地域は改良草地の面積が広く、その多くは平坦地に造成されたが、斜面地は半自然草原のまま残されることが多かった。阿蘇地域で1960年代から1970年代に一大事業として草地改良が推進されたが（大滝, 1997）、畜産業の様々な動向を背景に現在ではこれらの改良草地は更新されず、周囲の半自然草原とともに火入れや採草、放牧によって管理されていることが多い。

このような改良草地の「なれの果て」のような草原は、草原再生の対象になりうるが、このような場所で多様な在来植物が生育する半自然草原を再生できるのかどうかはよくわかっていない。草地改良に伴う耕起や施肥などの土壌攪乱は、在来植物の生育に大きな影響を与えることは十分に予想される。本研究では、熊本県阿蘇市において、かつての草地改良履歴を持つ場所とそこに隣接する草地改良履歴がない半自然草原の植生を比較す

ることで、過去の草地改良の履歴の有無が草原の植生に与える影響を評価することを目的とした。

方法

熊本県阿蘇市の石的牧野（Fig. 1）において2011年9月に野外調査を行った。地元の畜産農家の方への聞き取りに基づき、1960年代から1970年代に草地改良されたと推察される草原（Improvedの頭文字をとって以下、IM区）と作業道を挟んで隣接する草地改良されていない半自然草原（Non-Improvedの頭文字をとって以下、N-IM区）を調査地を選んだ。IM区とN-IM区において、1m×1mの植生調査枠をランダムに12個ずつ設置し、枠内の植生高（Vegetation height）、植被率（Vegetation cover）、出現した植物の名前と被度（Cover）を記録した。24の調査枠の緯度・経度の最小値および最大値はN32.9340-32.9354°、E130.9809-130.9821°（測地系はWGS 84）で、各調査枠間の距離は最大でも水平距離で200m以内であった。IM区、N-IM区ともに現在は放牧と春の火入れによって管理されており、放牧牛はそれぞれの調査区を自由に行き来することができる。なお、草地改良に伴って具体的にどのような処理をしたのかについて、資料は残っておらず、聞き取りでは詳細を明らかにできなかった。

IM区とN-IM区の種組成の違いを評価するために統計解析のフリーウェアRのパッケージvegan（URL：<https://CRAN.R-project.org/package=vegan/> 2017.11 参照）の関数metaMDSを用いて、非計量多次元尺度法（Non-metric multidimensional scaling, 以下NMDS）による序列化を行った。調査枠総当たりのJaccard距離を計算し、パッケージの標準設定で計算した。植生高、植被率、調査枠あたりの出現種数、NMDSの1軸の値を目的変数、IM区・N-IM区を説明変数とした一般化線

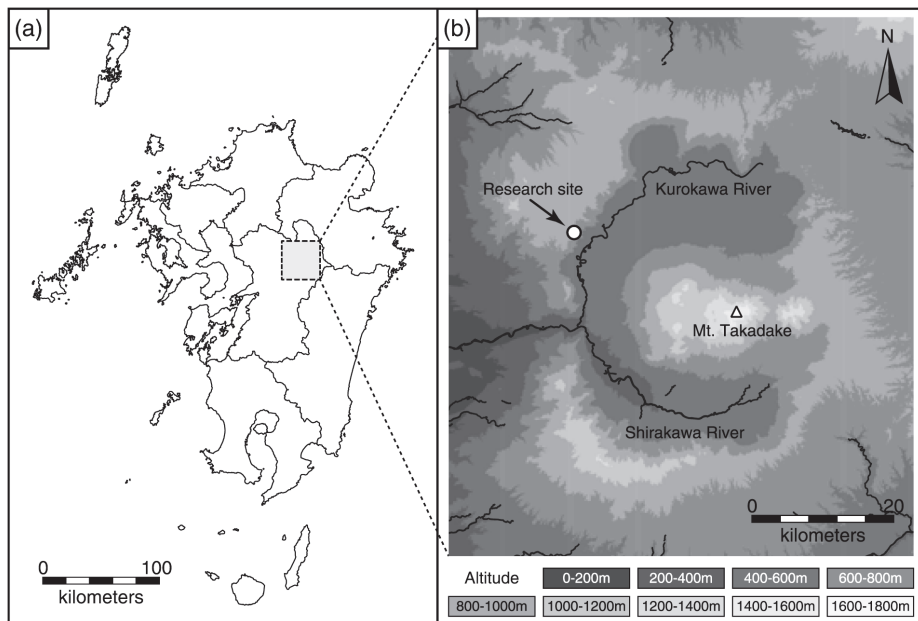


Fig. 1. Location map of the research site. (a) Map of Kyushu, Japan and location of the surrounding Mount Aso (gray dashed line square). Border lines indicate borders between prefectures. (b) Topographic map of the surrounding Mount Aso and location of the research site. The research site was located in the northwestern region of Aso somma, Kumamoto Prefecture, Japan.

形モデルを用いてそれぞれの数値に IM 区・N-IM 区で差があるかを検討した。構築したモデルと null モデルを比較し、構築したモデルで赤池情報量規準 (Akaike's Information Criterion, 以下 AIC) が小さかった場合に各区の差があったと判断した。一般化線形モデルで仮定する確率分布について、植生高、植被率、NMDS の 1 軸の値のモデルには正規分布を、調査枠あたりの出現種数のモデルにはポアソン分布を用い、R に標準搭載されている関数 `glm` で計算した。IM 区と N-IM 区のそれぞれに特徴的に出現する植物を抽出するため、R のパッケージ `labdsv` (URL : <https://CRAN.R-project.org/package=labdsv/> 2017.11 参照) の関数 `indval` を用いて指標種分析 (Indicator Species Analysis; Dufrene & Legendre 1997) を行った。各調査枠に出現した植物の在・不在データを用いて

計算を行い、有意水準算出のための randomization 回数を 1,000 回に設定した。IM 区・N-IM 区それぞれにおいて有意水準が 5% 以下となった植物を指標種として扱った。これら統計解析にはすべて R (3.4.2) を用いた。

また、本報告の植物の和名と学名は米倉 (2012) にしたがって、千葉県史料研究財団 (2003) に基づき Table 1 に各植物の種子散布型を記入した。ただし、千葉県史料研究財団 (2003) に記載がなかったネザサ *Pleiblastus argenteostriatus* f. *glaber* について、同文献では *Pleiblastus* に属する植物はすべて重力散布となっており、また種子形態から考えても重力散布であると判断した。

Table 1. Seed dispersal type (Disp., G:by gravity, W:by wind, A:by ant), frequency of occurrence (Freq.) and mean cover (Cover) of plants with frequency of occurrence in excess of 50 %, and indicator species in IM site (grassland improved in the past) and N-IM site (semi-natural grassland) identified by Indicator Species Analysis.

Japanese name	Scientific name	Disp.	IM		N-IM	
			Freq.	Cover	Freq.	Cover
Total Freq. > 50%						
ネザサ	<i>Pleioblastus argenteostriatus</i> f. <i>glaber</i>	G	1.00	62.92	1.00	78.08
トダシバ	<i>Arundinella hirta</i>	G	1.00	23.58	0.92	5.58
ミツバツチグリ	<i>Potentilla freyniana</i>	G	0.92	1.79	1.00	5.96
ネコハギ	<i>Lespedeza pilosa</i>	G	0.83	1.63	0.92	1.00
ワラビ	<i>Pteridium aquilinum</i>	W	0.75	3.75	0.50	1.29
シバ	<i>Zoysia japonica</i>	G	0.67	20.91	0.50	1.92
スゲ属 sp.	<i>Carex</i> sp.	-	0.58	2.63	0.58	0.58
ススキ	<i>Miscanthus sinensis</i>	W	0.50	2.04	0.67	2.79
Indicator species of IM						
ヤハズソウ	<i>Kummerowia striata</i>	G	1.00	7.42	0.33	0.17
ウマノアシガタ	<i>Ranunculus japonicus</i>	G	0.58	0.63	0.08	0.04
Indicator species of N-IM						
ウツボグサ	<i>Prunella vulgaris</i> subsp. <i>asiatica</i>	G	-	-	0.83	1.08
リンドウ	<i>Gentiana scabra</i> var. <i>buergeri</i>	W	-	-	0.75	0.38
アリノトウグサ	<i>Haloragis micrantha</i>	G	0.08	0.08	0.75	0.38
オカトラノオ	<i>Lysimachia clethroides</i>	G	-	-	0.67	0.33
ウメバチソウ	<i>Parnassia palustris</i>	W	-	-	0.67	0.33
センブリ	<i>Swertia japonica</i>	W	-	-	0.67	0.33
オオチドメ	<i>Hydrocotyle ramiflora</i>	G	-	-	0.58	0.46
シラヤマギク	<i>Aster scaber</i>	W	-	-	0.50	0.46
ヒメハギ	<i>Polygala japonica</i>	A	-	-	0.42	0.21
アキノキリンソウ	<i>Solidago virgaurea</i> subsp. <i>asiatica</i>	W	-	-	0.42	0.21
ヤマハッカ	<i>Isodon inflexus</i>	G	-	-	0.42	0.63

結果

植生高について、IM 区では平均 11.5cm、N-IM 区では平均 10.6cm で、両区とも放牧牛が草を採食するため植生高は最大でも 25cm と低く、IM 区と N-IM 区の違いを説明変数に加えると AIC は増加した (Fig. 2a)。植被率は、IM 区では平均 98.3%、N-IM 区では平均 94.7% で、どちらの植被率も 100% に近く概ね植被によって地表が覆われていたが、IM 区と N-IM 区の違いを説明変数に加えると AIC が下がった (Fig. 2b)。調査枠あたりの種数は、IM 区の中央値が 13、N-IM 区の中央値 22.5 で、IM 区と N-IM 区の違いを説明変数に加えると AIC が下がった (Fig. 2c)。NMDS の結果、IM 区と N-IM 区は 1 軸で明瞭に

分けられた (Fig. 2d)。IM 区と N-IM 区の NMDS の 1 軸の値はオーバーラップすることなく、IM 区と N-IM 区の違いを説明変数に加えると AIC が下がり、これらの調査区間で種組成が大きく異なっていた。

全 24 の調査区のうち、半分の 12 カ所以上で出現した植物は 8 種類であった (Table 1)。IM 区、N-IM 区ともに優占種はネザサで、いずれの区でも平均被度が 60% を超えた。また、どちらの調査区でもトダシバ *Arundinella hirta* やミツバツチグリ *Potentilla freyniana*、ネコハギ *Lespedeza pilosa*、ワラビ *Pteridium aquilinum*、シバ *Zoysia japonica*、ススキ *Miscanthus sinensis* が平均被度 1% 以上で出現しており、出現頻度が 50% 以上の種類は IM 区と N-IM 区で共通していた。指標種分

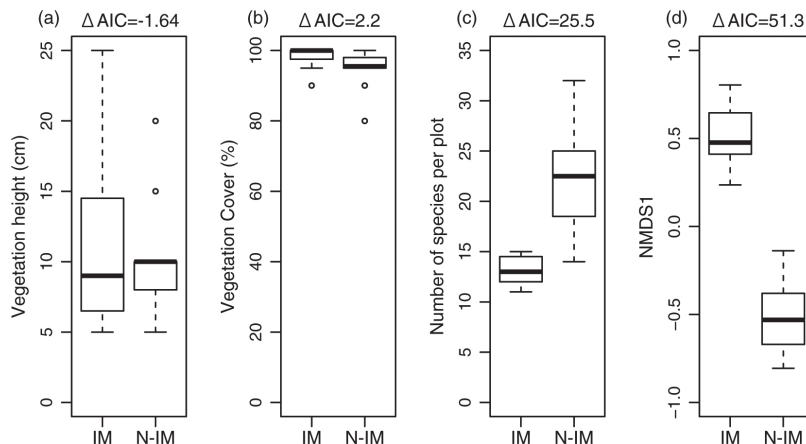


Fig. 2. Comparison of vegetation height (a), vegetation cover (b), number of species per plot (c), and NMDS axis1 (d) between IM site (grassland improved in the past) and N-IM (semi-natural grassland) site. Boxes in the box plot indicate the range between lower and upper quartiles, and thick lines indicate medians. Whiskers indicate minimum and maximum values except the outliers, and white circles indicate outliers. ΔAIC was shown on the upper side of the graph. ΔAIC indicates difference of AIC between constructed model and null model.

析の結果、IM 区の指標種が 2 種、N-IM 区の指標種が 11 種抽出された (Table 1)。IM 区の指標種であるヤハズソウ *Kummerowia striata* とウマノアシガタ *Ranunculus japonicus* は N-IM 区でも低頻度で出現したが、N-IM 区の指標種はアリノトウグサ *Haloragis micrantha* を除き IM 区には出現しなかった。

考察

調査地の地元畜産農家の方への聞き取りによると、IM 区で草地改良が実施されたのは 1970 年代で、その後、耕起や播種、施肥を伴う更新は行われず、N-IM 区と同様に火入れと放牧で管理されてきた。IM 区と N-IM 区では優占種や高頻度出現種は共通しているものの、IM 区では調査枠あたりの出現種数が少なく、N-IM 区の指標種が欠

落していた。また、阿蘇地域で行われた植生調査に基づく指標種分析によって、改良草地に典型的な牧草類としてオニウシノケグサ *Schedonorus phoenix*、ナガハグサ *Poa pratensis*、ホソムギ *Lolium perenne*、カモガヤ *Dactylis glomerata*、シロツメクサ *Trifolium repens* が挙げられている (Koyanagi et al., 2013) が、これらの植物をはじめ改良草地に導入された可能性のある牧草は、IM 区と N-IM 区のいずれにおいても出現しなかった。この結果は、草地改良を受けた場所でも火入れや放牧などを続けると、かつて播種された牧草類は消失し、優占種は既存の半自然草原と同様な状態まで回復しうるが、半自然草原の構成種の一部は定着できない可能性を示唆している。

半自然草原の再生の際に種組成の回復を妨げる要因として散布制限が知られている (Donath et al., 2003 ; Öster et al., 2009 ; Matsumura &

Takeda, 2010)。散布制限は、散布体の供給源から再生地に散布体が到達しないことによって起こるが、IM 区と N-IM 区は互いに隣接している上に、本研究の調査枠は水平距離で 200m 以内に位置していた。加えて、草地改良後、放牧などの利用も長期間続いたことから、種子などが散布される可能性は十分あったと考えられる。実際に、過去の草地改良によって野生植物が一度消失していると考えられる IM 区にも散布能力の低い重力散布植物が高頻度で生育していた (Table 1)。加えて、Table 1 の 7 種の風散布の植物のうち 5 種は IM 区に生育しておらず、散布能力が比較的高い植物であっても IM 区に定着できないものが存在した。これらのことは IM 区と N-IM 区の種組成の違いは単に散布制限によるものではないことを示唆している。耕起や施肥などの草地改良に伴う土壤攪乱の影響により、特定の植物が IM 区に定着できず、種組成が回復しなかった可能性が推察される。また、Table 1 で示した植物のうち IM 区で出現しなかったウメバチソウは日当たりのよい湿地に生えたとされることがあり (立石, 2017)、IM 区と N-IM 区の種組成の違いに土壤水分が効いている可能性もある。

本研究の結果は、半自然草原における草地改良は長期間にわたって植物の種多様性の回復を抑制する可能性を示唆しているが、熊本県の阿蘇地域のごく限られた場所で得られた結果であり、土壤の物理・化学的性質をはじめ、具体的な環境要因について検討できていない。近年、草原における植物の生育に土壤中のリン酸や土壌 pH などが強く影響していることがわかってきた (平舘ほか, 2008) が、草地改良に伴う施肥や耕起などによって土壤の化学性が改変される可能性が高い。今後はこれらの点も含め、各地のデータを増やしながらか、過去の草地改良が草原植生に与える影響のメカニズムを解明していく必要がある。

謝辞

的石牧野の畜産農家の方々には調査の許可をいただくとともに、草原の利用状況などの聞き取り調査に協力いただいた。また、公益財団法人阿蘇グリーンストックの野焼き支援ボランティアの有志の方々には現地調査を手伝っていただいた。これらの方々に厚くお礼申し上げる。本研究は環境省自然再生プロジェクト阿蘇草原再生の中の野草地保全計画 (牧野カルテ) 事業の一環として行われた。

引用文献

- 千葉県史料研究財団 (編). 2003. 千葉県の自然誌 別編 4 千葉県植物誌. 1181pp. 千葉県, 千葉.
- Donath, T. W., N. Hölzel & A. Otte. 2003. The impact of site conditions and seed dispersal on restoration success in alluvial meadows. *Applied Vegetation Science*, 6 : 13-22.
- Dufrêne, M. & P. Legendre. 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monograph*, 67 : 345-366.
- 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.
- 橋本佳延・石丸京子・黒田有寿茂・増永滋生・横田潤一郎. 2012. ササ優占型に遷移した草原における刈り取りによる草原生植物種多様性の回復効果. *ランドスケープ研究 (オンライン論文集)*, 5 : 69 - 76.
- 平舘俊太郎・森田沙綾香・楠本良延. 2008. 外来植物と在来植物の住み分け～これからの植生制御に向けて～. *関東雑草研究会報*, 19 : 23 - 33.
- 兼子伸吾・太田陽子・白川勝信・井上雅仁・堤

- 道生・渡邊園子・佐久間智子・高橋佳孝. 2009. 中国 5 県の RDB を用いた絶滅危惧植物における生育環境の重要性評価の試み. 保全生態学研究, 14 : 119 – 123.
- Koyanagi, T., Y. Kusumoto, S. Hiradate, S. Morita, M. Yokogawa, Y. Takahashi & C. Sato. 2013. New method for extracting plant indicators based on their adaptive responses to management practices: application to semi-natural and artificial grassland data. *Applied Vegetation Science*, 16 : 95-109.
- Matsumura, T. & Y. Takeda. 2010. Relationship between species richness and spatial and temporal distance from seed source in semi-natural grassland. *Applied Vegetation Science*, 13 : 336-345.
- 野田公夫・守山 弘・高橋佳孝・九鬼康彰. 2011. シリーズ地域の再生 17 里山・遊休農地を生かす. 322pp. 農山漁村文化協会, 東京.
- 小椋純一. 2012. 森と草原の歴史ー日本の植生景観はどのように移り変わってきたのかー. 343pp. 古今書院, 東京.
- 大西 舞・松下京平・白川勝信・鎌田磨人. 2013. 地域住民による雲月山草原の経済価値評価. 農村計画学会誌, 32 : 191 – 196.
- 大滝典雄. 1997. 一の宮町史 自然と文化 阿蘇選書 10 草原と人々の営み. 249pp. 一の宮町, 熊本.
- Öster, M., K. Ask, S. A. O. Cousins & O. Eriksson. 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 : 1266-1274.
- 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 : 225 – 230.
- 高橋佳孝. 2009. 多様な担い手による阿蘇草原の維持・再生の取り組み. 景観生態学, 141 : 5 – 14.
- ・井上雅仁・白川勝信・太田陽子・増井太樹・兼子伸吾・堤 道生. 2011. 西日本における半自然草地生態系と人間への福利に関する現状と傾向. 島根県立三瓶自然館研究報告, 9 : 1 – 24.
- 立石庸一. 2017. ウメバチソウ. 「改訂新版 日本の野生植物 3 バラ科～センダン科」(大橋広好・門田裕一・木原 浩・邑田 仁・米倉浩司編), pp. 138. 平凡社, 東京.
- 矢原徹一・川窪伸光. 2002. 復元生態学の考え方. 「保全と復元の生態学: 野生生物を救う科学的思考」(種生物学会編), pp. 223 – 233. 文一総合出版, 東京.
- 米倉浩司. 2012. 日本維管束植物目録. 379pp. 北隆館, 東京.