

〈原著〉

霧ヶ峰・八島ヶ原湿原の防鹿柵内外における植生
及びシカの食害による影響東田優介¹・藤間聖乃¹・佐藤大祐²・島野光司^{*1}

Vegetation inside and outside the deer-proof fence around Yashimagahara Moor, Kirigamine, Nagano Prefecture, Japan. Yusuke TSUKADA¹, Kiyono FUJIMA¹, Daisuke SATO² and Koji SHIMANO^{*1} (¹Faculty of Science, Shinshu University, 390-8621 Matsumoto City, Japan, ^{*}E-mail : shimano@shinshu-u.ac.jp, ²Graduate School of Science and Technology, Shinshu University, Japan). *Bulletin of the Institute of Nature Education in Shiga Heights, Shinshu University* 59 : 9-20 (2022).

In recent years, deer feeding damage has become a problem in Japan. Japanese Deer, *Cervus nippon* eat plant buds, leaves, and bark, which interfere with plant growth and affect the ecosystem. In this study, we investigated the vegetation, food scars, and community height around the fence in Yashimagahara Marsh. As a result, it was found that the area outside the fence was dominated by *Miscanthus sinensis* and *Sasa nipponica*, while the area inside the fence was dominated by *Carex oxyandra* with high-stemmed herbaceous plants like Apiaceae that deer prefer. There was a clear difference in the vegetation inside and outside the fence, which was most likely due to the effects of deer feeding damage.

はじめに

霧ヶ峰は、採草地として戦後まで火入れにより維持されてきた半自然草原であり、草原、湿原、樹叢の主に3つの特色ある景観により成り立っている(長野県環境保全研究所 2006)。場所は長野県の諏訪市、下諏訪町、長和町、茅野市にまたがっており、3つの湿原と車山や鷲ヶ峰などのいくつかの山々を有する。霧ヶ峰は八ヶ岳中心高原国定公園に属しており、3つの湿原はいずれも天然記念物に指定され、保護されている。これら3つの湿原には泥炭層が長い間蓄積されてきた高層湿原の車山湿原、八島ヶ原湿原と低層湿原の踊場湿原があり、それぞれ少しずつ違った植生を見せてくれる。

また、霧ヶ峰は標高1400m~1900mに位置し、ふもとの諏訪市街よりも5℃~10℃ほど気温が低いため、夏の避暑地となっている他、高原の風景や湿原・高原特有の美しい花々を目当てに毎年各地から多くの観光客が訪れている。加えて、太平洋側から一年を通して卓越した南風が吹いており(野口 2016)、一年中上昇気流が発生することから、それを利用したグライダーの飛行場としても知られている。

霧ヶ峰の高原植物としてレンゲツツジ *Rhododendron molle* subsp. *japonicum* やコバイケイソウ *Veratrum stamineum*, マツムシソウ *Scabiosa japonica* などが有名であるが、中でも最も代表的と言えるのがニッコウキスゲ *Hemerocallis middendorffii* var. *esculenta* である。また、動物はニホンリス *Sciurus lis* やホンドギツネ *Vulpes vulpes japonica*, タヌキ *Nyctereutes procyonoides* などの小動物やニホンジカ *Cervus nippon* (以下「シカ」とする)、稀にニホンツキノワグマ *Ursus thibetanus japonicus* の目撃情報がある。中でもシカは多く見られ、夜間だけではなく、昼間でも山の斜面などで人の前に姿を現すようになった。

そして、近年ではシカの増加によって草本の芽、葉や樹皮の食害が深刻化している。特に被害が大きいのは車山周辺のニッコウキスゲの食害で、かつて一面に咲いていたのが、現在ではビーナスの丘にある電気柵内にしか群生せず、現在もその数を減らしている。それに対する対策として2010年~2011年には増え続けるシカ食害の対策として八島ヶ原湿原を囲むようにして防鹿柵が設置されたほか(図1)、シカの捕獲も行われている(林野庁 2020)。

そこで、本研究の目的は、2010年~2011年にかけて八島ヶ原湿原に設置された防鹿柵内外に見られる2021年9月現在の食痕や植生を調査し、シカの食害などによる柵内外において、様々な手法を用いて植

¹ 信州大学理学部 (*連絡先 長野県松本市旭3-1-1 E-mail : shimano@shinshu-u.ac.jp)

² 信州大学大学院総合理工学研究科

生の違いを明らかにすることである。

調査地域

調査地は八島ヶ原湿原のうち、長野県諏訪市に属する地域で、標高は1630mで平均気温は6.2℃で暖かさは60.6、寒さは45.3であった（提供：キノア合同会社、2021年12月アクセス URL: <https://nature2.jp/marsh/index.html#weather>）。暖かさの指数より、調査地域の植生は山地帯の落葉広葉樹林であるといえる。

調査地域は沢渡から御射山を經由して八島ヶ原湿原駐車場に向かう道中である（図1, 2）。調査は柵から一番遠い場所から14箇所行い、その後柵内に入り10箇所行った。また、各地点は10mほど間隔を空けた。

主に柵外はミヤコザサ *Sasa nipponica* やススキ *Miscanthus sinensis* が繁茂する草原で、柵内は低木と多くの草本があった。

方法

調査方法

調査は2021年9月20日に実施した。範囲は9m²（3m×3mまたは1m×9m）で、各区画内で植物社会学的植生調査（Braun-Blanquet 1964）を実施し、種名と被度・群度（5, 4, 3, 2, 1, +）を記録した。加えて、区画内の草本層と低木層の群落高と食痕の有無を記録した。また、草本層の群落高については、低い草本と高い草本に分けて記録した。

解析方法

表計算ソフトのExcel（version 2102, Microsoft社）で植物種と地点のクロス集計表を作成した後、フリーの解析ソフトR（ver.4.1.2, R Foundation）を用いてそれぞれ解析を行った。

群落のクラスタリングには、Braun-Blanquet（1964）の+から5までの6段階（"+", "1", "2", "3", "4", "5", 被度は順に, "きわめて少ない", "< 5%", "5% ≤ < 25%", "25% ≤ < 50%", "50% ≤ < 75%", "75% ≤ < 100%"である）の被度の中央値を求め、クラスタの解析はveganパッケージ（ver.2.5.7）のvegdist関数を用いて行った。この時, "+"には0.1を与えた。これは、Braun-Blanquet自身がその著書で"+"に0.1の被度を与えているためである（Braun-Blanquet 1964）。コードラート間の距離は、群集間の類似度を表す Horn-

Morisita の $C\lambda$ （Horn 1966）を1から差し引いた非類似度から求めた。今回、 $C\lambda$ は以下のように算出した。

$$C\lambda = \frac{2\sum_{i=1}^n (x_{ij}x_{ik})}{(\lambda_j + \lambda_k)x_jx_k}$$

$$\lambda_j = \frac{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}{x_j^2}$$

$$\lambda_k = \frac{\sum_{i=1}^n x_{ik}^2}{x_k^2}$$

x_{ij} = 群落 j での各種 i ごとの標本サイズ

x_{ik} = 群落 k での各種 i ごとの標本サイズ

λ_j = 群落 j のシンプソンの多様度指数（単純度指数）

λ_k = 群落 k のシンプソンの多様度指数（単純度指数）

x_j = 群落 j の標本サイズの総和

x_k = 群落 k の標本サイズの総和

調査地点の植生を分割するために、hclust関数を用いてWard法で階層的クラスタを作成した。また、各グループの指標種は組成表から選択した。さらに、diversity関数を用いて、logの底が2のShannonの多様度指数（H'）を求めた。

さらに、地点に出現する植物種の頻度に関しては、ヒートマップ分析を行った。ヒートマップとは、クロス集計などで2次元に配置されたデータを使ってデータの値の頻度の高さを色で視覚化する手法である。今回、植物種と地点のデータを用いるため、ある地点で出現する植物種の出現頻度の高さ・低さを図示することができる。解析では、heatmap3パッケージ（ver.1.1.9）のheatmap3関数を用いて、上述のホーン距離からヒートマップを作成した。

同データを非計量多次元尺度（Non-metric multidimensional scaling: NMDS）による序列化も試みた。NMDSは、ある分類対象物の関係を低次元で図示する解析手法で、序列化手法として、近年多くの分野で用いられている（加藤 1995）。ここでは、各地点のデータ同士が近いほど、そのデータが類似していると読み取れることになる。今回は、各グループに属する点をホーンの距離値を用いてNMDS上の二次元散布図上に配置した。また、群落高、食痕などの環境因子と地点との関係をベクトルとして重ね合わせた。解析はveganパッケージのmetaMDS関数を使用した。また、p.maxに0.05を与え、環境因子のうち有意ではないもの（ $P > 0.05$ ）は除外した。有意とされた環境因子はt.test関数を用いて母分散

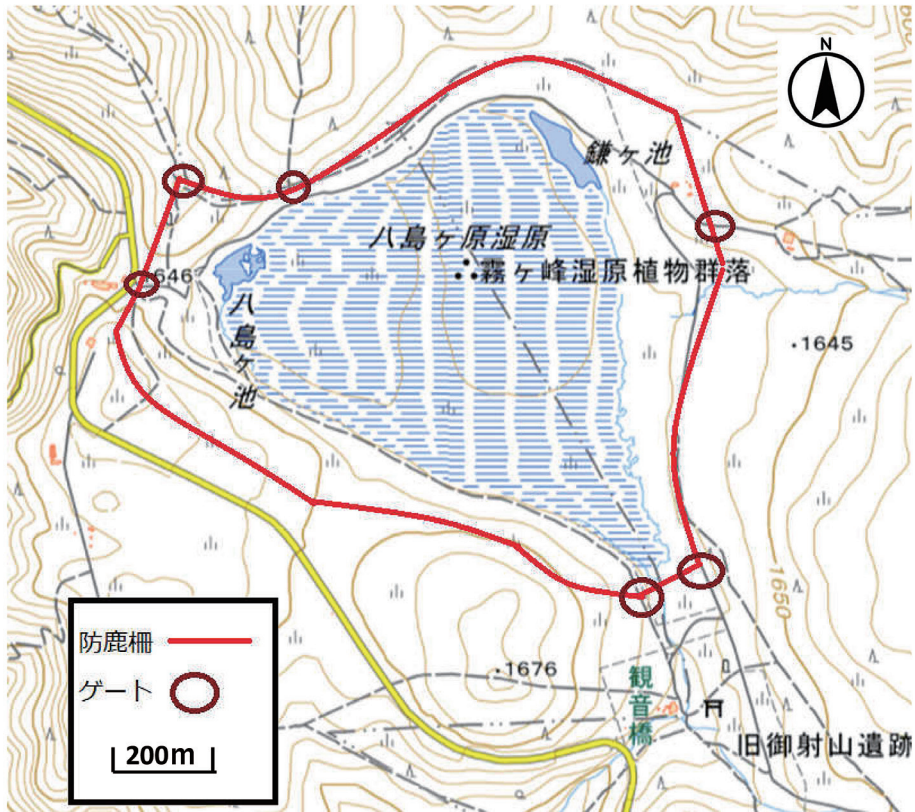


図1. 八島ヶ原湿原における防鹿柵の設置カ所 (霧ヶ峰自然環境保全協議会, 2011).

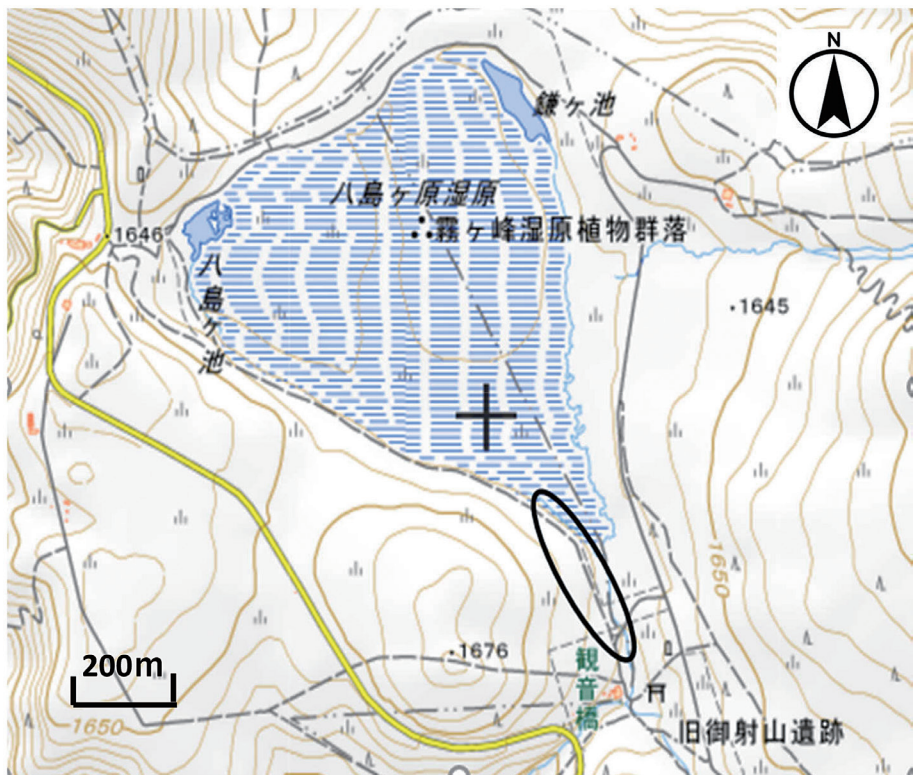


図2. 八島ヶ原湿原の地図. (出典：国土地理院発行2.5万分1地形図を元にしての. 黒丸は今回の調査地点を示しており, 地図に追記して掲載している).

が等しくない2標本の検定 (Welch の t 検定) を行った。また、種の多様性についても柵内と柵外のグループに分け、Welch の t 検定を行った。

また、主成分分析 (Principal component analysis; PCA, 以下主成分分析とする) による分析も試みた。主成分分析は地点と植物種のデータを用い、vegan パッケージの prcomp 関数によって行った。主成分分析とは、できるだけ情報を失わずにデータを少ない変数で表現する手法である。分散が特に大きい座標軸を残して、データの座標を新たに求め直すことで元のデータを少ない変数で表すことができる (江崎, 2020)。

最後に決定木 (Decision tree) による群落区分を試みた。決定木とは、データを分類し樹木状のモデルを作成する手法である。データがどの説明変数によって分類されるのかを示す。また、今回の解析では分類として用いたが、データの予測にも使われる。解析には、rpart パッケージ (ver.4.1.15) の rpart 関数を用いた。また、決定木の分岐の数は cp の値により変化させた。

結果

調査地点のクラスターを2つのグループに分けると、図3の左は柵内、右は柵外とおおまかに分かれている。この2つに分けたときの左側を群落タイプ α 、右側を群落タイプ β とする。柵内の地点が多い群落タイプ α ではアキノキリンソウ *Solidago virgaurea* subsp. *asiatica*, シシウド *Angelica pubescens*,

イタドリ *Fallopia japonica* var. *japonica*, ノダケ *Angelica decursiva* など10種が指標種として確認された。柵外の地点が多い群落タイプ β ではススキ *Miscanthus sinensis*, ミヤコザサ *Sasa nipponica* など7種が指標種として確認された。群落タイプ α ではミヤコザサは全く出現しない。対して、群落タイプ β ではススキ, ミヤコザサの被度, 頻度共に高い。また、群落タイプ α で見られるセリ科の高茎草本であるシシウド, オオカサモチ *Pleurospermum uralense*, ノダケは群落タイプ β では全く出現しなかった。

また、地点 A1, A10は柵内にも関わらず、柵外に近い種組成をもっており、地点 B4, B5は柵外であったが、柵内に近い種組成をもっていることが分かった。A1, A10は柵内にもかかわらず群落タイプ β グループに入っているが、A1については群落タイプ β で出現し、群落タイプ α で全く出現していないミヤコザサが出現しており、群落タイプ α で多く出現し、群落タイプ β では多く見られないヒメスゲ *Carex oxyandra* も他の群落タイプ β 地点と同様に出現している。A10に関しては群落タイプ α にはほとんど出てこず、群落タイプ β に多く出てくるワラビ *Pteridium aquilinum* やヨモギ *Artemisia indica* var. *maximowiczii* の被度が高く、群落タイプ α のほとんどの地点で高い被度で出現しているヒメスゲが全く出ていない。

加えて、左側の群落タイプ α では A4のみが他の地点とは少し外れていることが分かる。群落タイプ α の他の地点では見られるヒメスゲが全く出現しないのが A4の特徴である。

そして、クラスター右側の群落タイプ β はさらに2つのグループに分かれている。これはミヤコザサが優占している地点ではススキの被度が少なくなっており、逆にススキが優占している地点ではミヤコザサが少なくなっているためである (表1)。

さらに、群落タイプ α はヒメスゲの被度が高い地点が多いが、地点 A4のみヒメスゲが生育していない。柵外にも拘わらず、群落タイプ α に入っている B4, B5については群落タイプ β にはほとんど又は全く出てこず、群落タイプ α で共通に見られるアキノキリンソウ, コバギボウシ, ヒメスゲの被度が高くなっている。

また、柵内と柵外、群落タイプ α と群落タイプ β でそれぞれ多様度指数を求めた (表2, 3)。その結果、柵内の方が多様度指数が高く、柵内と柵外で Welch の t 検定を行ったところ、 $P=0.01809$ と 0.05

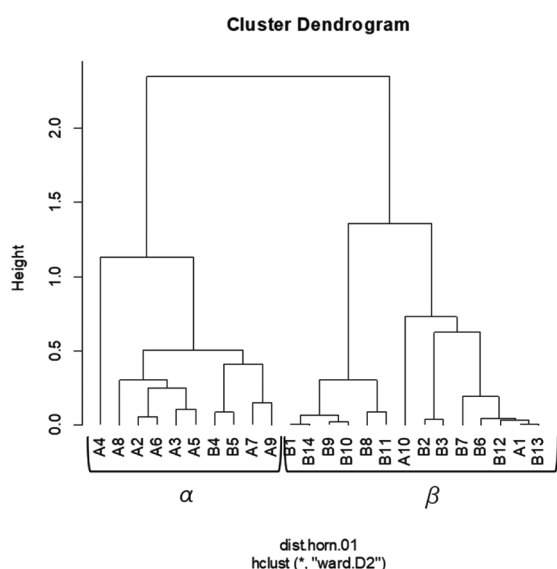


図3. クラスタ分析の結果。

霧ヶ峰の八島ヶ原湿原の防鹿柵内外のクラスター。図の地点番号は柵内をA、柵外をBとしている。

表1. 組成表. 調査地点番号は A が柵内, B が柵外を示している. 表はクラスター分析で左は α , 右を β と分けている (図1). 地点の並びは図1のクラスター順. 表の数値は全て被度 (%) であり, 植物の被度が5 のときその植物種は単位面積のうち75%~100%を覆っている. 中央値の87.5%を記載している.

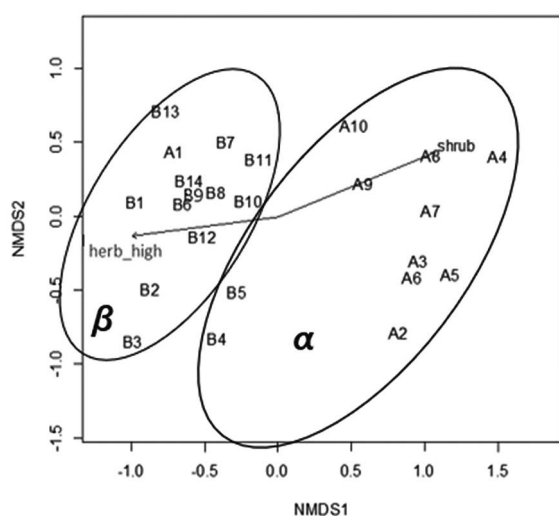
	α										β													
	A4	A8	A2	A6	A3	A5	B4	B5	A7	A9	B1	B14	B9	B1	B8	B11	A1	B2	B3	B7	B6	B12	A1	B13
アキノキリンソウ	0.1	0.1		2.5	0.1	2.5	2.5	2.5	0.1	0.1														
イタドリ	2.5	0.1	2.5		0.1	15			2.5	0.1				0.1	0.1						0.1	0.1		0.1
コバギボウシ			0.1			0.1	0.1	0.1																
シシウド	2.5	2.5	2.5	15	15	15			37.5	15														2.5
ヒメスゲ	2.5	62.5	87.5	87.5	62.5	62.5	37.5	62.5	62.5	62.5				0.1	37.5					15	2.5	15		2.5
ハナチダケサシ	15	2.5	0.1	0.1	15	15			2.5	15														
チゴユリ			0.1	0.1	0.1	0.1			0.1								0.1							
キンミズヒキ				0.1					0.1															
ミズナラ	37.5	15	2.5	0.1	2.5	15			15	37.5							15					2.5		
ヨツバヒヨドリ	0.1	0.1	2.5	2.5	0.1												2.5							2.5
ノダケ	0.1								0.1	0.1														
カワラマツバ									0.1					0.1	0.1									
クサフジ							0.1	0.1																
ゲンノシヨウコ							0.1	0.1		0.1														
ヨモギ			0.1	0.1	2.5																			
ワラビ			0.1																					
ワレモコウ									0.1															2.5
ミヤコザサ																								
ススキ							37.5	37.5	15	37.5														
アキカラマツ			0.1		2.5	15																		
アマドコロ					0.1				0.1															
イブキトラノオ																								0.1
ウシノケグサ							0.1																	
オオカサモチ			0.1																					0.1
オオヤマフスマ							0.1													0.1				0.1
オトギリソウ														0.1	2.5									
オトコヨモギ													2.5		0.1						0.1	0.1		2.5
カマツカ					0.1																			
カラマツソウ			0.1							2.5	2.5													
キバナノヤマオダマキ				0.1	0.1																			
クサイ							0.1																	
クモキリソウ	0.1																							
ゲンナイフウロ																		0.1						
コスカグサ																					2.5			
コバイケイソウ																								0.1
ゴマナ										0.1														
サラシナショウマ			0.1																					
サルナシ			0.1							2.5														
シュロソウ				0.1																				
シラヤマギク			0.1							0.1														
シロツメクサ							0.1													0.1				
シロネ														2.5	0.1									
ズミ									0.1															
セントウソウ																								0.1
タカトウダイ			0.1		0.1	2.5				0.1			0.1				0.1	0.1						
タチツボスミレ																		0.1	0.1					
タチフウロ																		0.1						
チダケサシ			2.5	0.1	2.5					2.5								2.5						
ツリガネニンジン						0.1												0.1						2.5
ツルウメモドキ							0.1			0.1								0.1						
ヌカボ								2.5					0.1						0.1					
ノアザミ				0.1						2.5														
ノガリヤス			0.1		0.1	0.1	15		0.1									0.1						
ノコギリソウ			0.1										0.1											
ノコンギク							0.1	0.1					0.1							0.1	0.1			
ノダイオウ						0.1																		
ノハラアザミ										0.1														
ノリウツギ		2.5				2.5				0.1								0.1						0.1
ハクサンフウロ																		0.1						
ハコネウツギ						2.5																		
ハバヤマボクチ						0.1				0.1														
ハンゴンソウ																			0.1					
ヒヨドリバナ		2.5	15	0.1		2.5				15			0.1	0.1	0.1		37.5							0.1
ヘビイチゴ										0.1														
ヘラバヒメジョオン							0.1						0.1											
ホソバシケンダ		2.5	15		2.5					15	15			0.1	0.1		0.1	2.5					0.1	0.1
マユミ				37.5																				
マルバダケブキ																								2.5
マルバハギ		0.1																0.1						
ミズキ										0.1														
ミヤマザクラ										0.1														
ヤブヘビイチゴ		2.5	0.1	0.1	0.1	2.5	2.5			0.1	0.1							0.1	0.1		0.1			
ヤブマメ										0.1														
ヤマゼリ			0.1		0.1		0.1																	
ヤマハハコ						0.1																0.1	0.1	
ヤマホタルブクロ								0.1																
ヤマヨモギ		2.5				2.5				2.5								0.1						
ヤマラッキョウ																								0.1
レンゲツツジ					15	15												15						

表2. 調査地点順のシャノンの多様度指数 (H', bit).

地点番号	多様度指数 (H')
A1	1.262
A2	0.812
A3	2.183
A4	2.198
A5	2.872
A6	1.608
A7	2.817
A8	2.386
A9	2.984
A10	2.651
平均	2.177
標準偏差	0.695
B1	0.950
B2	1.037
B3	1.374
B4	1.855
B5	1.187
B6	1.308
B7	2.038
B8	1.912
B9	1.369
B10	1.953
B11	2.239
B12	1.790
B13	1.262
B14	1.074
平均	1.525
標準偏差	0.408

表3. 群落タイプ α , β それぞれの地点のシャノンの多様度指数 (H', bit). 地点の並びは図1のクラスター順.

群落タイプ	地点番号	多様度指数 (H')
α	A4	2.198
	A8	2.386
	A2	0.812
	A6	1.608
	A3	2.183
	A5	2.872
	B4	1.855
	B5	1.187
	A7	2.817
	A9	2.984
平均	2.090	
標準偏差	0.692	
β	B1	0.950
	B14	1.074
	B9	1.369
	B10	1.953
	B8	1.912
	B11	2.239
	A10	2.651
	B2	1.037
	B3	1.374
	B7	2.038
	B6	1.308
	B12	1.790
	A1	1.262
	B13	1.262
平均	1.587	
標準偏差	0.492	

図4. 非計量多次元尺度法 (NMDS) による序列化の結果 (1). 図中で互いに近い位置の調査地点は, 出現した植物の種類, 被度が近いことを示している. α グループは低木の高さが高いこと, β は草本の高さが高いことが示されている.

を下回り, 有意差がある結果となった。しかし, 群落タイプ α と群落タイプ β で t 検定を行ったところ $P=0.1546$ となり, 0.05 を上回り, 有意とは言えなかった。

NMDS 分析

図4, 5は, NMDSの結果を示す。クラスター分析と同様に, おおむね柵内と柵外で大きく分かれるが, 柵内である地点A1のみ柵外の方に紛れる結果となった。この地点A1について, 種名を重ね合わせてみるとミヤコザサが多く出現していることが分かる。

また, 矢印の低木層と草本層の群落高のベクトル方向から, 柵内の方が低木層の群落高が高く, 草本層は柵外の方が高い傾向にあることが分かった。確認のため, NMDSで有意とされた環境因子で t 検定を行ったところ, 高い草本層の群落高では $P=$

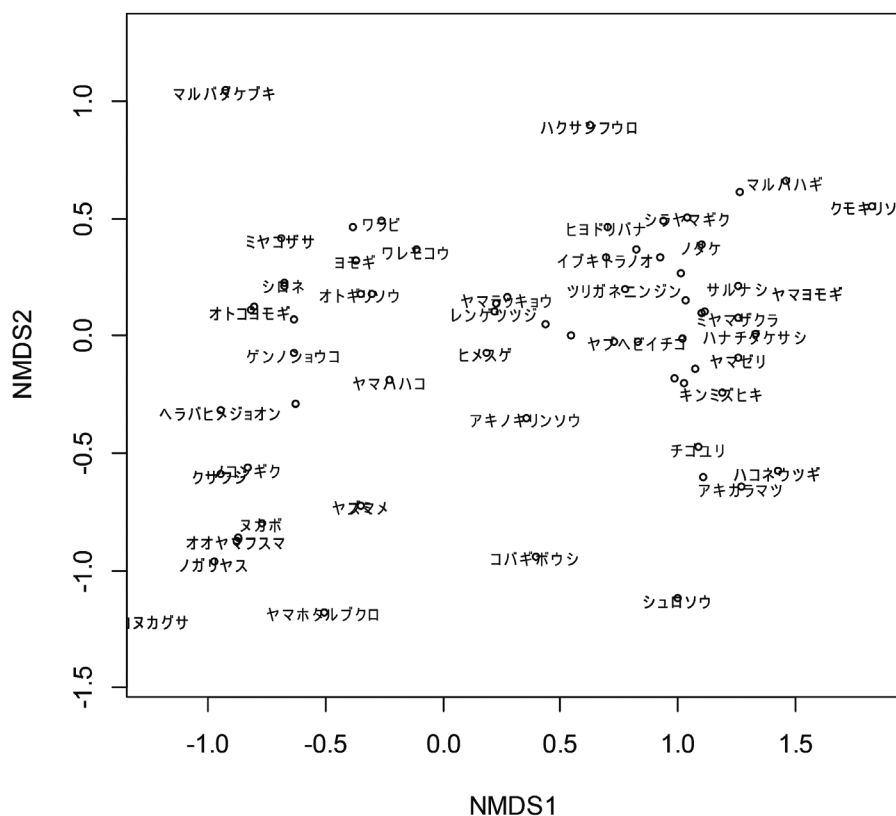


図5. 非計量多次元尺度法 (NMS) による序列化の結果 (2). 図中で近い箇所に位置している植物は、互いに似た環境、似た植生に生育していることを示す。

0.0002075, 低木層の群落高の $P=0.0005867$ となり有意であった。

ヒートマップ分析

図6は、ヒートマップ分析の結果を示す。クラスター分析で群落タイプβに分類されている地点は主にミヤコザサが優占している地点とススキが優占している地点に分けられ、群落タイプαはヒメスゲが優占していることが読み取れるため、組成表からの読み取りを裏付ける結果となった。また、群落タイプαにおいて他の地点と少し外れているA4はヒメスゲが全くなく、ミズナラ *Quercus crispula* が多いことがわかる。加えて、柵内にもかかわらず、群落タイプβに分類されているA1ではススキが一番多く、次にミヤコザサが多く出現しており、A10はススキ、ワラビ、ヒヨドリバナ *Eupatorium makinoi* が同程度に出現している。逆に柵外にも拘わらず群落タイプαに分類される地点B4、B5は、ヒメスゲが多く出現しているといえる。

また、全体としては群落タイプαの方が多様な種が出現していることがうかがえ、ミヤ

コザサが優占する群落ではワラビ、レンゲツツジの出現頻度が比較的高く、ススキが優占する群落ではノガリヤスの出現頻度が比較的高いといえる。

主成分分析

主成分分析の結果では、柵内のグループはヒメスゲが多く出現し、柵外のグループはミヤコザサが多く出現する傾向にあるものと、ススキが多く出現する傾向にあるものに分かれている (図7)。また、地点A1のみ柵内であるが、ススキが生える傾向にあった。また、B13とA1は柵の外と内であるが、非常に近い種組成を持っているといえる。

決定木分析

柵内と柵外の植生を区別するとき、シシウドの有無が決め手になっていることがわかる (図8)。実際、組成表 (表1) を参照しても柵内のすべての地点においてシシウドをはじめとするセリ科高茎草本が見られたが、柵外には一切見られないことがわかる。また、今回のデータではcpの値を (0 ~ 0.9995) に変えたが、分岐は2つ以上に増えなかつ

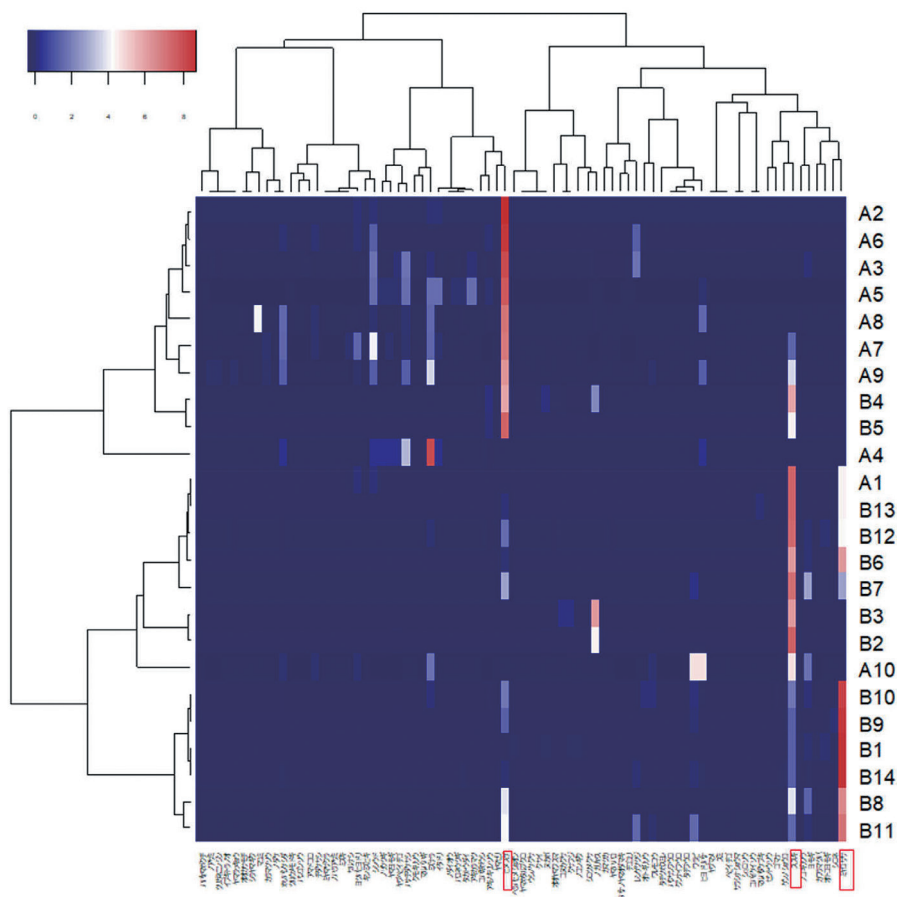


図6. ヒートマップの結果. 下の横軸は出現した植物種が書かれており, 右の縦軸は地点名が書かれている. 縦と横が交わる長方形の色が赤に近いほど地点である植物種が多く出現しており, 青に近いほど出現が少ない. また, 左の縦軸, 上の横軸はそれぞれ地点と植物種のクラスターである.

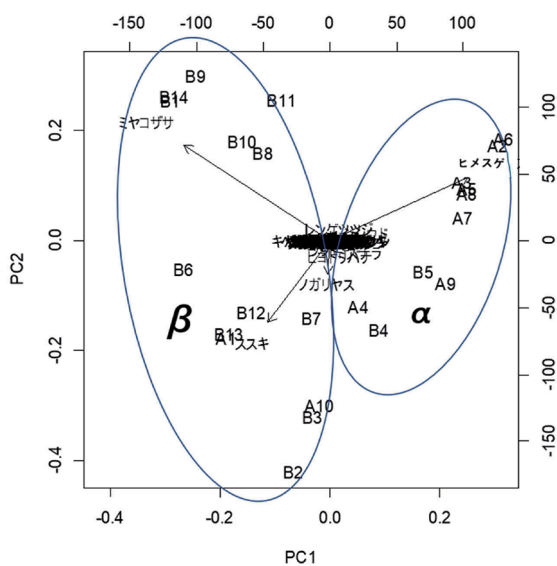


図7. 主成分分析の結果. 左側は柵外が多く含まれる群落タイプβ, 右側は柵内が多く含まれる群落タイプαに分れている.

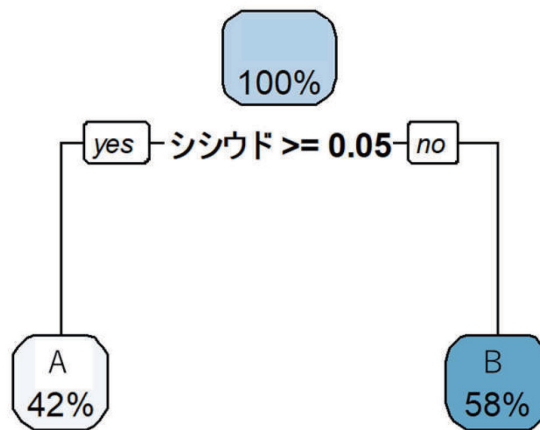


図8. 決定木分析の結果. シシウドの被度が0.05以上の場合はA(柵内)に分類され, 0.05未満の場合はB(柵外)に分類される.



写真1 (左). レンゲツツジの食害 (2021/8/29の予備調査にて撮影).
(右). 樹皮の食害 (2021/5/9撮影).

た。

群落高・食痕

柵内では食痕は見られなかったが、柵外ではレンゲツツジやミズナラ、ズミに食痕が見られた。写真1の左は予備調査で撮影した調査地域内で見られた食害の写真である。また、右の写真は霧ヶ峰インターチェンジから車山湿原に向かう道中で見られた樹皮はぎの写真である。

考察

クラスターやヒートマップ、NMDS、決定木の解析結果からおおむね柵外と柵内で植生が変化していることが分かった。シシウドなど柵内にあるシカの嗜好性植物（橋本ほか 2014）が柵外にはほとんど出ていないことや柵外ではシカの採食に対して比較的耐性の強いミヤコザサやススキ（田村 2009；土肥 1989）が優占していることからこれらの植生の違いはシカの食害の影響である可能性が高い。シカはシシウドやノダケなど主にセリ科の高茎草本を好んで採食していると考えられる（橋本ほか 2014）。

また、柵内と柵外の優占種として、それぞれヒメスゲとミヤコザサが挙げられる。ササは風に耐性があるため、低木の少ないところ、つまり風が強くあたる場所では繁茂しやすい。このことから、柵外ではミヤコザサが生育している傾向にあり、柵内では低木が多く、ヒメスゲが元々繁茂していたためササが侵入しにくいと考えられる。

加えて、クラスター分析で群落タイプβはさらにミヤコザサが優占している地点とススキが優占している地点の2つに分けられ、どちらかの種が多いともう片方の種が少なくなる傾向にあることが示された。これについてはミヤコザサやススキが栄養繁殖であることから互いに成長を抑制しあっている可能

性がある。

群落タイプαの方が群落タイプβより多様な種が出現している地点が多いことについては、シカの食害を受けて、他の嗜好性植物が食べられたためというのも理由の一つだろう。しかし、それに加えて食害によって他種が少なくなった後に、栄養繁殖でかつ食害耐性の強いミヤコザサやススキが分布を広げて優占することによって余計に他の種の成長や侵入が阻害されてしまっている可能性も考えられる。実際、柵内であるA10はクラスター分析ではススキが優占する群落タイプβに分類されていたが、種組成を見ていくと、ヨモギやヒヨドリバナ *Eupatorium makinoi* もススキと同程度に出ており、食害を受けていないため、完全にススキに置き換わることなく、他の群落タイプβの柵外地点よりも多様性が高いと言える。

そして、地点A1も柵内であるが、ススキとミヤコザサ以外の分布が少ないことからクラスター分析でβに分類されている。A1がこのような植生になった原因としてミヤコザサやススキが他種を被圧していることが考えられる。これに関して、A1が柵外に一番近い調査地点であり、柵外で優占しているミヤコザサやススキが地下茎などを通じて柵内に侵入した可能性がある。実際に柵内でササが増えて、樹木の实生の生育などを被圧し、植生回復を妨げる例（岩城ほか 2015）や柵内で植生回復した種が柵外に侵入する例もあり（石川ほか 2016）、この場所でも似たようなことがおきていることが推測できる。A1に隣接する柵外のB14のミヤコザサ被度は80%以上であり、主成分分析より、A1は柵外のB13に近い種組成を示していることからこのことは裏付けられるだろう。

A4のヒメスゲが少ない理由について、ヒメスゲは崩落地や伐採跡地、鉦山跡の裸地などに生える先

駆的植物（村上 1990；荒瀬ほか 2020）であり、日当たりのよいところを好むことが知られている（牧野 2017）。そして、地点 A4 はミズナラ *Quercus crispula* などの低木が多く生育していたため、林床の日当たりが柵内の中でも特に悪かったと考えられる。このことから、地点 A4 では日射量が足りず、ヒメスゲが生育できなかったのではないかと推測できる。しかし、今回は開空度や光度の調査はしていないため詳しくはそれらを調べる必要があるだろう。

そして、NMDS による解析によって柵内の方が低木層の群落高が高くなる傾向が示されたが、そもそも、柵外には低木層がほとんどないため、このような結果になったといえるだろう。低木層がない要因についてはシカが樹木の実生や稚樹を食べてしまうからといった理由が考えられ、今回の調査でも柵外に複数の 1 m 前後のミズナラやズミがシカに食い荒らされているのを確認することが出来た。しかし、霧ヶ峰において草原か樹林帯を決める大きな要因となっているのはかつて野焼きが行われていたかどうかであり（栗原ほか 2001）、本調査のみではシカの食害が柵内に低木層がない要因になっているとは言えない。また、シカの食害の観点から見ると、柵外の方は群落高が低くなることが予想されるが、NMDS による解析では柵外の方が草本層の群落高が高いことが示された。これは、柵内調査地点は樹林帯が多く、草本層への光がさえぎられてしまうのに対して、柵外には草本層への光を遮る低木などがほとんど存在していなかったためと考えられる。

B4, B5 では柵外にもかかわらず、柵内でよく見られるアキノキリンソウ、コバギボウシ、ヒメスゲの被度が高い。ヒメスゲが先駆植物であることやアキノキリンソウが二次草原（奥田 1999）や先駆生低木林に生育する植物であることから、B4, B5 では何らかの要因でススキが少ないギャップのような状態になり、日当たりが良くなったことでそれらが侵入したものと考えられる。

上述したシカの嗜好植物であるセリ科（シシウド、ノダケなど）以外に防鹿柵によって食害を受けなくなった代表的な植物はキンミズヒキ *Agrimonia pilosa* やチダケサシ *Astilbe microphylla*, コバギボウシ *Hosta sieboldii*, イタドリ *Reynoutria japonica* などがある。これらは群落 α タイプの指標種として挙げられているが、いずれも温帯高茎草原、二次草原、先駆性低木林などで見られる種である（村上 1990；奥田 1990）。防鹿柵があることで、霧ヶ峰の多様な植生環境が守られていることがわかる。

観光資源を保護するという観点からも、防鹿柵は意義のある取り組みであるといえるだろう。

本調査では柵の内外ではっきりと植生が違えることが分かり、明らかに柵内の方が種数が多く、多様性が高い地点が多いことが分かった。このことから、植生保護のために防鹿柵の設置が有効であることが改めて証明されたといえる。しかし、シカの食害の観点だけでは説明のつかないことも多く、今後土壌水分量や開空度なども調べれば、より明らかになることも増えるだろう。

要旨

近年、シカの食害が問題視されている。シカが植物の芽や葉、樹皮を食べてしまい、植物の生長を妨げ生態系にも影響を及ぼしているためである。そこで、八島ヶ原湿原の防鹿柵周辺の植生、食痕、群落高を調査した。結果、防鹿柵外ではススキ *Miscanthus sinensis* やミヤコザサ *Sasa nipponica* 群落が多く、防鹿柵内はシカの嗜好植物であるセリ科高茎草本が多く生育するヒメスゲ *Carex oxyandra* 群落であることが分かった。柵内外の植生は明らかな違いがあり、これはシカの食害による影響である可能性が高く、防鹿柵によって貴重な湿原・高原の植物、ニッコウキスゲやヨツバヒヨドリなどの観光資源がしっかりと保全されていることがうかがえた。

謝辞

2021年8月における予備調査では、島野理恵、島野恵理奈、島野光史、島野至司の各氏にご協力をいただき、柵内外の植生の様子や食害の有無などを調べていただいた。ここに記して感謝を申し上げる。

引用文献

- 荒瀬輝夫・内田泰三（2020）陸生スゲ類2種の緑化試験地造成と初期生育（予報）. 信州大学農学部 AFC 報告 18 : 57-63.
- Braun-Blanquet J. (1964) Pflanzensoziologie, Grundzüge der Vegetationskunde, 3 Aufl. Springer-Verlag.
- 江崎貴祐（2020）データ解析学入門. ソシム株式会社.
- 橋本佳延・藤木大介（2014）日本におけるニホンジカの採食植物・不嗜好性植物リスト. 人と自然 25 : 133-160.
- Horn H.S. (1966) Measurement of 'overlap' in comparative ecological studies. American Naturalist 100 : 419-424.
- 石川慎吾・渡津友博・久住 稔・森本梓紗・高野美波・浅野諒也・比嘉基紀（2016）防鹿柵によって保護された林床植生の回復過程 四国山地三嶺山

- 域さおりが原に設置した防鹿柵内外の8年間の植生変化. 黒潮圏科学 (Kuroshio Science) **9**: 194-200.
- 岩城 光・荒木良太 (2015) 大台ヶ原におけるシカ管理と植生回復の現状と課題 ～新たな段階に向けて～. 哺乳類科学 **55**: 102-103. 日本哺乳類学会.
- 加藤和弘 (1995) 生物群集分析のための序列化手法の比較研究. 環境科学会誌 **8**: 339-352.
- 霧ヶ峰自然環境保全協議会 (2011) 霧ヶ峰八島ヶ原湿原での防鹿柵設置事業.
- 栗原雅博・古谷勝則・油井正昭・多田 充・赤坂 信 (2001) 霧ヶ峰における自然観察路から見る二次草原の植生とその景観評価に関する研究. ランドスケープ研究 **64**: 735-740.
- 牧野富太郎 (2017) 「新分類牧野植物図鑑」(卓上版), 北隆館, 東京.
- 村上雄秀 (1990) 先駆生低木林. 「(宮脇 昭・奥田重俊 (編者)) 日本植物群落図説」. 至文堂. 東京. 314-323.
- 村上雄秀 (1990) 崩壊地・伐採跡地植生. 「(宮脇 昭・奥田重俊 (編者)) 日本植物群落図説」. 至文堂. 東京. 696-703.
- 村上雄秀 (1990) 温帯高茎広葉草原. 「(宮脇 昭・奥田重俊 (編者)) 日本植物群落図説」. 至文堂. 東京. 418-423.
- 長野県環境保全研究所 (2006) 霧ヶ峰における自然環境の保全と再生に関する調査研究. 長野県環境保全研究所研究プロジェクト成果報告4.
- 野口泰生 (2016) 中信高原霧ヶ峰の南風. 国土館大学地理学報告 **24**: 9-20.
- 奥田重俊 (1990) 二次草原. 「(宮脇 昭・奥田重俊 (編者)) 日本植物群落図説」. 至文堂. 東京.
- 林野庁 (2020) 南信森林管理署のニホンジカ食害対策.
- 田村 淳 (2009) シカの採食により退行した冷温帯自然林における植生保護柵による林床植生の回復. 神白環境センター報告 **7**: 1-10.
- 土肥昭夫 (1989) ニホンジカのハビタットとその利用. 哺乳類科学 **21**: 75-81.

付表. 調査で出現した植物とその学名. 学名はYlistによる.

出現種	学名
アキカラマツ	<i>Thalictrum minus</i> var. <i>hypoleucum</i>
アキノキリンソウ	<i>Solidago virgaurea</i> subsp. <i>asiatica</i>
アマドコロ	<i>Polygonatum odoratum</i> var. <i>pluriflorum</i>
イタドリ	<i>Fallopia japonica</i> var. <i>japonica</i>
イブキトラノオ	<i>Bistorta officinalis</i> Delarbre subsp. <i>japonica</i>
ウシノケグサ	<i>Festuca ovina</i>
オオカサモチ	<i>Pleurospermum uralense</i>
オオヤマフスマ	<i>Arenaria lateriflora</i>
オトギリソウ	<i>Hypericum erectum</i>
オトコヨモギ	<i>Artemisia japonica</i>
カマツカ	<i>Pourthiaea villosa</i> var. <i>villosa</i>
カラマツソウ	<i>Thalictrum aquilegifolium</i> var. <i>intermedium</i>
カワラマツバ	<i>Galium verum</i>
キバナノヤマオダマキ	<i>Aquilegia buergeriana</i> var. <i>buergeriana</i> f. <i>flavescens</i>
キンミズヒキ	<i>Agrimonia pilosa</i> var. <i>japonica</i>
クサイ	<i>Juncus tenuis</i>
クサフジ	<i>Vicia cracca</i>
クモキリソウ	<i>Liparis kumokiri</i>
グンナイフウロ	<i>Geranium eriostemon</i> var. <i>reinii</i>
ゲンノショウコ	<i>Geranium thunbergii</i>
コスカグサ	<i>Agrostis gigantea</i>
コバイケイソウ	<i>Veratrum stamineum</i>
コバギボウシ	<i>Hosta sieboldii</i> var. <i>sieboldii</i> f. <i>spathulata</i>
ゴマナ	<i>Aster glehnii</i> F.Schmidt var. <i>hondoensis</i>
サラシナショウマ	<i>Cimicifuga simplex</i>
サルナシ	<i>Actinidia arguta</i> var. <i>arguta</i>
シシウド	<i>Angelica pubescens</i>
シュロソウ	<i>Veratrum maackii</i> var. <i>reymondianum</i>
シラヤマギク	<i>Aster scaber</i>
シロツメクサ	<i>Trifolium repens</i>
シロネ	<i>Lycopus lucidus</i>
スキ	<i>Miscanthus sinensis</i>
ズミ	<i>Malus toringo</i>
セントウソウ	<i>Chamaele decumbens</i>
タカトウダイ	<i>Euphorbia lasiocaula</i>
タチツボスミレ	<i>Viola grypceras</i> var. <i>grypceras</i>
タチフウロ	<i>Geranium krameri</i>
チゴユリ	<i>Disporum smilacinum</i>
チダケサシ	<i>Astilbe microphylla</i>
ツリガネニンジン	<i>Adenophora triphylla</i> subsp. <i>Aperticampanulata</i>
ツルウメモドキ	<i>Celastrus orbiculatus</i> var. <i>orbiculatus</i>
ヌカボ	<i>Agrostis clavata</i> var. <i>nukabo</i>
ノアザミ	<i>Cirsium japonicum</i>
ノガリヤス	<i>Calamagrostis arundinacea</i> subsp. <i>Brachytricha</i>
ノコギリソウ	<i>Achillea sibirica</i>
ノコンギク	<i>Aster microcephalus</i> var. <i>ovatus</i>
ノダイオウ	<i>Rumex longifolius</i>
ノダケ	<i>Angelica decursiva</i>
ノハラアザミ	<i>Cirsium tanakae</i>
ノリウツギ	<i>Hydrangea paniculata</i>
ハクサンフウロ	<i>Geranium yesoense</i> var. <i>nipponicum</i>
ハコネウツギ	<i>Weigela coraensis</i>
ハナチダケサシ	<i>Astilbe formosa</i>
ハバヤマボクチ	<i>Synurus excelsus</i>
ハンゴンソウ	<i>Senecio cannabifolius</i>
ヒメスゲ	<i>Carex oxyandra</i>
ヒヨドリバナ	<i>Eupatorium makinoi</i>
ヘビイチゴ	<i>Potentilla hebiichigo</i>
ヘラバヒメジョオン	<i>Erigeron strigosus</i>
ホソバシケシダ	<i>Deparia conilii</i>
マユミ	<i>Euonymus sieboldianus</i> var. <i>sieboldianus</i>
マルバダケブキ	<i>Ligularia dentata</i>
マルバハギ	<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>
ミズキ	<i>Cornus controversa</i> var. <i>controversa</i>
ミズナラ	<i>Quercus crispula</i> var. <i>crispula</i>
ミヤコザサ	<i>Sasa nipponica</i>
ミヤマザクラ	<i>Cerasus maximowiczii</i>
ヤブヘビイチゴ	<i>Potentilla indica</i>
ヤブマメ	<i>Amphicarpaea edgeworthii</i>
ヤマゼリ	<i>Ostericum sieboldii</i>
ヤマハハコ	<i>Anaphalis margaritacea</i> var. <i>margaritacea</i>
ヤマホタルブクロ	<i>Campanula punctata</i> var. <i>hondoensis</i>
ヤマヨモギ	<i>Artemisia montana</i>
ヤマラッキョウ	<i>Allium thunbergii</i>
ヨツバヒヨドリ	<i>Eupatorium glehnii</i>
ヨモギ	<i>Artemisia indica</i> var. <i>maximowiczii</i>
レンゲツツジ	<i>Rhododendron molle</i> subsp. <i>Japonicum</i>
ワラビ	<i>Pteridium aquilinum</i>
ワレモコウ	<i>Sanguisorba officinalis</i>