



Title	シカの採食影響に対する尾瀬ヶ原の湿原植物群落の脆弱性評価
Author(s)	吉川, 正人; Yoshikawa, Masato; 星野, 義延 他
Citation	低温科学, 80, 491-505
Issue Date	2022-03-31
DOI	https://doi.org/10.14943/lowtemsci.80.491
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/84939
Type	departmental bulletin paper
File Information	37_p491-505_LT80.pdf



シカの採食影響に対する尾瀬ヶ原の湿原植物群落の脆弱性評価

吉川 正人¹⁾, 星野 義延¹⁾, 大橋 春香²⁾, 大志万 菜々子³⁾, 長野 祈星⁴⁾

2021年11月9日受付, 2021年12月7日受理

尾瀬ヶ原の湿原植生を構成する主要な群落について、構成種の種特性や食痕の確認頻度から、シカの採食圧に対する脆弱性の評価を行った。低層湿原や低木林・河畔林の群落は、シカの採食影響を受けやすい中・大型の広葉草本または低木を多く含み、食痕の確認頻度が高かったのもこれらの生活形をもつ種であった。このことは、低層湿原や低木林・河畔林で過去との種組成の違いが大きいという、既発表研究の結果と合致していた。また、構成種の積算優占度が大きい群落ほど食痕がみられた種数も多く、シカによく利用されていると推定された。これらのことから、尾瀬ヶ原においては低層湿原や低木林・河畔林の群落で保全対策の優先度が高いと判断された。

Vulnerability estimation of wetland plant communities to deer grazing in the Ozegahara mire

Masato Yoshikawa¹, Yoshinobu Hoshino¹, Haruka Ohashi², Nanako Ohshiman³, Inori Nagano⁴

Vulnerability of wetland vegetation on the Ozegahara mire was assessed for each representative plant community based on the plant species traits of the component species and frequency of browsing trace in each species. The low-moor communities included rich species of middle to large herbs and shrubs, as same as the shrub community and the riparian forest community. Frequency of browsing trace was also higher in the middle to large herbs and shrub species. These facts corresponded to the result of former study that indicated the low-moor, shrub and riparian forest communities had significant difference in species composition compared to the data from 50 years ago. Furthermore, number of browsed species was larger in the communities which had large cumulative dominance of palatable species in the herb and shrub layer, reflecting preferential use by deer. These results showed that low-moor communities, shrub community, and riparian forest community had higher vulnerabilities than the high-moor communities. Therefore, we concluded that these communities had higher conservation priority to protect from deer grazing in the Ozegahara mire.

キーワード：採食痕跡, 保全優先度, 機能特性, 植物群落, 湿原植生
browsing trace, conservation priority, functional traits, plant community, wetland vegetation

責任著者

吉川正人

〒183-8509 東京都府中市幸町3丁目5-8

東京農工大学農学部

Tel : 042-367-5741 Fax: 042-367-5741

e-mail : masato@cc.tuat.ac.jp

1) 東京農工大学大学院農学研究院

2) 森林総合研究所野生動物研究領域

3) 東京農工大学農学部地域生態システム学科

4) 東京農工大学大学院農学府農学専攻

1 Institute of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, Fuchu, Japan

2 Department of Wildlife Biology, Forest and Forest Products Research Institute, Tsukuba, Japan

3 Department of Ecoregion Science, Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, Fuchu, Japan

4 Department of Agriculture, Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, Fuchu, Japan

1. はじめに

尾瀬ヶ原は山地湿原としては日本最大の規模をもち、数千年をかけて形成された泥炭地に原生的な湿原植生が残されている。尾瀬ヶ原には高層湿原から低層湿原まで多様な湿原植物群落形成され、北海道と共通の群落も含め、本州の冷温帯域の山地湿原群落のほとんどがみられるとされる(宮脇・藤原, 1970; 橋, 2005)。また、尾瀬ヶ原を含む尾瀬国立公園では、環境省のレッドリストに掲載された絶滅危惧種 45 種を含む 1270 種類もの維管束植物が記録されており(黒沢, 2007)、種多様性保全の面からもきわめて重要な地域である。このような特性から、尾瀬ヶ原は国立公園の特別保護地区(1953 年指定)として、また国指定特別天然記念物(1960 年指定)として保護されてきた。

尾瀬地方では 1990 年代まではシカ(ニホンジカ *Cervus nippon*)の目撃例は少なかったが、1990 年代半ばにシカによる湿原の掘り返しが確認されて以降、年々シカによる植生攪乱が増加傾向にある(内藤・木村, 1998; 内藤ほか, 2007; 庄司・後藤, 2019)。木道の整備等によって人の立ち入りによる攪乱の影響は軽減されつつあるものの、それに代わってシカによる植生への影響が、湿原保護上の大きな課題となっている。環境省が尾瀬ヶ原で実施したライトセンサス調査によれば、2010 年以降、5 月から 6 月に 100 ~ 160 頭のシカが湿原内に侵入していることが確認されている(庄司・後藤, 2019)。とくにミツガシワ *Menyanthes trifoliata* 群落の掘り返しによる破壊、ゼンテイカ(ニッコウキスゲ) *Hemerocalis dumortieri* var. *esculenta* やミズバショウ *Lysichiton camtschatcense* といった尾瀬ヶ原の季節的な景観を特徴づける草本の採食による開花量の減少などが問題になっており(Igarashi and Takatsuki, 2008; 庄司・後藤, 2019)、湿原の一部地域での防鹿柵の設置など、シカ対策の強化が図られている。

こうした背景から、2017 年から 3 か年にわたって実施された第 4 次尾瀬総合学術調査では、その研究課題のひとつとして、ニホンジカによる植生への影響評価が取り上げられることとなった。シカによる植生影響を最小限に抑えるには、シカの影響を早期に検知するとともに、影響を受けやすい地域や群落をあらかじめ予測し、予防的な対策を講じることがきわめて重要である(明石ほか, 2013; Ohashi et al., 2014; 星野・大橋, 2015; Iijima and Nagaike, 2015; 大澤ほか, 2015)。とくに一度破壊されると回復が困難な湿原植生においては、どのような群落の影響を受けやすいかを把握し、優先順位をつけて保全

計画をたてることが求められる。

そこで著者らは、第 4 次尾瀬総合学術調査の一環として、尾瀬ヶ原の湿原植生に対する群落レベルでのシカ影響の実態を明らかにするため、2017 年から 2019 年にかけて尾瀬ヶ原の主要な植物群落において植生調査を行い、およそ 50 年前の 1967 年から 1969 年に得られた調査記録(宮脇・藤原, 1970)と比較することによって、シカの増加前後の約 50 年間で湿原植物群落の種組成に生じた変化を推定した(吉川ほか, 2021)。その結果、高層湿原の群落に比べて、中間湿原の一部や低層湿原、低木林、河畔林の群落で過去との種組成の違いが大きいことが明らかになり、これらの群落でシカの採食の影響が強く表れていると考えられた。

シカの採食による影響の受け方は、植物の種特性によって異なることが知られている。森林や草原においてシカの個体群密度増加の前後で同一地点の植生調査を行った研究(大橋ほか, 2007; 大津ほか, 2011)では、草丈が 1 m 以上になる大型の草本種や高さ 2 m 未満の低木種で、常在度や優占度が低下していることが示されている。大型の広葉草本はシカにとって採食しやすく、植物体サイズが大きく効率的な採食対象である。一方で、小型のグラミノイドは採食に耐性があり、採食圧を受け続けても容易には減少しない(高槻, 1989; Ohtsu et al., 2019)。尾瀬ヶ原における約 50 年前との種組成の比較結果でも、多くの群落で高茎広葉草本の優占度が減少し、グラミノイド(イネ科, カヤツリグサ科, イグサ科)の優占度が増加する傾向が認められた(吉川ほか, 2021)。

また、シカの採食影響は地上部だけでなく地下部にも及ぶことがあり、尾瀬ヶ原においては影響が出始めた初期の段階から、ミツガシワの根茎がさかんに採食されている(Takatsuki, 2003; 内藤ほか, 2007; Igarashi and Takatsuki, 2008)。このことから、地下に発達した貯蔵器官をもつ植物は、シカの採食の対象となる可能性がある。さらに、ゼンテイカのような大型の虫媒花をもつ植物は、尾瀬ヶ原以外の湿原でも採食によって減少したことが報告されている(長谷川, 2008; 尾関・岸本, 2009; 島村ほか, 2019)。以上のように、群落構成種の種特性は、その群落の採食影響の受けやすさを評価するうえで重要な要素であるといえる。

本稿では、過去との比較のために取得した 2017 年から 2019 年の植生調査資料について、群落構成種の種特性(生活形, 草本については地上部の生育型, 花の形態, 地下部の形態)を類型化するとともに、各群落に含まれる絶滅のおそれがある種の数や、食痕の記録から、シカの採食圧に対する各群落の脆弱性を評価することを目的

とした。

2. 調査地

調査対象としたのは、宮脇・藤原（1970）で現存植生図が作成された、尾瀬ヶ原の湿原植生が広がるほぼ全域（上田代、中田代、下田代、山ノ鼻田代、背中アブリ田代、ヨシボリ田代、赤田代）である。尾瀬ヶ原の湿原植生でもっとも大きな面積を占めるのはヌマガヤ *Moliniopsis japonica* やホロムイスゲ *Carex middendorffii* が優占する中間湿原である。湿原の中央部には池塘の周囲などを中心に、ミズゴケ属 *Sphagnum* が優占する高層湿原が発達する。池塘の中には、ヒツジグサ *Nymphaea tetragona* などの浮葉植物群落が見られる。沢が流入する山脚部では、ヨシ *Phragmites australis* が優占する低層湿原が広がっている。また、湿原内を蛇行する細流沿いには、初夏にミズバショウが目立つ流水辺の植物群落が発達する。さらに、河川沿いの自然堤防上にはハルニレ *Ulmus davidiana* var. *japonica*、ヤチダモ *Fraxinus mandshurica* などからなる河畔林が形成されている。湿原の周囲はノリウツギ *Hydrangea paniculata*、ズミ *Malus toringo* などの林縁低木林を介して、山地斜面のブナ *Fagus crenata* 林と接している。

3. 方法

3.1 評価対象とした群落

宮脇・藤原（1970）では、尾瀬ヶ原からは52の群集・群落が報告されているが、本研究では、浮葉植物群落、高層湿原、中間湿原、低層湿原、林縁低木林、河畔林を構成する群落のうち、代表的な14群落を選んで脆弱性評価の対象とした（表1）。2017年から2019年にかけての夏季（7月から9月）に尾瀬ヶ原全域を踏査し、297地点で植生調査を行った。調査は植物社会学的方法（Braun-Blanquet, 1964）によって行い、対象群落の典型的な植分において、生育する植物種（コケ植物についてはミズゴケ属のみ）とその優占度を記録した。また、調査区ごとに明らかな採食痕跡（以下、食痕）が確認された種を記録した。なお、食痕にはカモシカ（ニホンカモシカ *Capricornis crispus*）によるものも含まれている可能性があるが、尾瀬ヶ原周辺で実施されたカメラトラップ調査で撮影された哺乳動物の約90%がシカであり、カモシカは1%程度である（環境省関東地方環境事務所, 2019）ことから、食痕の大半はシカによるものと判断した。

本稿では、吉川ほか（2021）で使用した267資料に加えて、池塘に成立する浮葉植物群落と、地表攪乱を受けた場所に成立する低層湿原群落の4群落30資料を追加して解析した。対象とした群落は以下のとおりである。浮葉植物群落からホソバタマミクリーオゼコウホネ群集（Sparganio-Nupharetum ozeense Miyawaki et K.

表1：調査の対象とした群落

略号	Community	調査区数
浮葉植物群落		
SN	ホソバタマミクリーオゼコウホネ群集 Sparganio-Nupharetum ozeense	6
Nt	ヒツジグサ群落 <i>Nymphaea tetragona</i> com.	8
高層湿原		
MS	ヌマガヤイボミズゴケ群集 Moliniopsio-Sphagnetum papilloso ass.	76
CS	ヤチカワズスゲキダチミズゴケ群集 Carici omiana-Sphagnetum compacti ass.	23
SR	ホロムイソウミカヅキグサ群落 <i>Scheuchzeria palustris</i> - <i>Rhynchospora alba</i> com.	21
中間湿原		
CM	ホロムイスゲヌマガヤ群集 Carici-Moliniopsietum japonicae ass.	63
IM	ミズギクヌマガヤ群集 Inulo-Moliniopsietum japonicae ass.	19
低層湿原		
M	ミツガシワ群落 <i>Menyanthes trifoliata</i> com.	5
MC	ミツガシワヤチスゲ群落 <i>Menyanthes trifoliata</i> - <i>Carex limosa</i> com.	11
CC	ホソバオゼヌマスゲクロバナロウゲ群落 Carici nemurensis-Comaretum palustris ass.	23
CL	リュウキンカーミズバショウ群落 <i>Caltho</i> - <i>Lysichietum camtschaticense</i> ass.	7
AA	ノダケゴマナ群落 <i>Angelica decursiva</i> - <i>Aster glehnii</i> var. <i>hondoensis</i> com.	17
低木林・河畔林		
HP	ノリウツギウワミズザクラ群落 <i>Hydrangea paniculata</i> - <i>Padus grayana</i> com.	7
U	ハルニレ群集 <i>Ulmum davidiana</i> ass.	11

Fujiwara 1970) とヒツジグサ群落 (*Nymphaea tetragona* com.) を選定した。高層湿原の植生からは、小凸地 (ブルト) 上の群落であるヌマガヤ-イボミズゴケ群集 (Moliniopsio-Sphagnetum papillosum Tx., Miyawaki et K. Fujiwara 1970), 平坦地にカーペット上に広がるヤチカワズスゲ-キダチミズゴケ群集 (Carici omiana-Sphagnetum compacti Miyawaki, Itow et Okuda 1967), 小凹地 (シュレンケ) の群落であるホロムイソウ-ミカヅキグサ群落 (*Scheuchzeria palustris-Rhynchospora alba* com.) を選定した。中間湿原の植生からは、泥炭が発達した立地の群落であるホロムイソウ-ヌマガヤ群集 (Carici-Moliniopsietum japonicae Miyawaki, Itow et Okuda 1968), 泥炭が未発達な立地の群落であるミズギク-ヌマガヤ群集 (Inulo-Moliniopsietum japonicae Miyawaki et K. Fujiwara 1970) を選定した。低層湿原の植生からは、浅い池塘や攪乱跡地に先駆的に成立するミツガシワ群落 (*Menyanthes trifoliata* com.), 連続的な凹地 (ケルミ) の滞水域に成立するミツガシワ-ヤチスゲ群落 (*Menyanthes trifoliata-Carex limosa* com.), 流れの緩やかな水際に発達するソノバオゼヌマスゲ-クロバナノウゲ群集 (Carici nemurensis-Comaretum palustris Miyawaki et K. Fujiwara 1970), 小流路沿いに発達するリュウキンカ-ミズバショウ群集 (Caltho-Lysichietum camtschaticense Miyawaki et K. Fujiwara 1970), ヨシ群落の辺縁部などに発達するノダケ-ゴマナ群落 (*Angelica decursiva-Aster glehnii* var. *hondoensis* com.) の5群落を選定した。さらに、湿原中の凸状地や湿原周囲の林縁にみられる低木林であるノリウツギ-ウワミズザクラ群落 (*Hydrangea paniculata-Padus grayana* com.) と、湿原の周囲を流れる河川氾濫原に形成されている高木林であるハルニレ群集 (Ulmetum davidianae Suz-Tok. 1954) も対象とした。

なお、本稿における植物の学名は黒沢 (2007), 植生単位の名称は宮脇・藤原 (1970) にしたがった。

3.2 生活形組成の比較

前述のように、シカによる採食影響は特定の種特性をもつ植物に現れやすい。そこで、各群落の構成種を以下の種特性ごとに分類し、種特性別の種数および優占度による構成比を求めた。

生活形 (life form): 木本・草本の別と植物体サイズを基準に以下のように区分した。高木 (高さ 8 m 以上), 低木 (高さ 2-8 m), 矮性低木 (高さ 2 m 未満, ササ類を含む), つる性木本, 大型草本 (高さ 1 m 以上), 中型草本 (高さ 0.3-1 m), 小型草本 (高さ 0.3 m 未満),

つる性草本, 浮葉・沈水植物, コケ植物 (ミズゴケ属)。このうち大型・中型・小型草本については、グラミノイド (イネ科, カヤツリグサ科, イグサ科) とその他の広葉草本を区別した。

常緑/夏緑: 常緑性のものと夏緑性のものを区分した。

生育型 (growth form): 草本植物について、地上部の形態と植物体サイズを基準に、沼田 (1978) に基づいて以下のように区分した。直立型, 分枝型, 叢生型, ロゼット型, 一次/偽ロゼット型, 匍匐型, つる型。さらにそれぞれについて、グラミノイドと広葉草本を区別した。

地下器官: 浮葉・沈水植物を除く草本種については、「塊茎・鱗茎・球茎をもつもの」, 「肥厚する地下茎または根をもつもの」, 「肥厚しない地下茎をもつもの」に区分した。

花: 浮葉・沈水植物とシダ植物を除く草本種については、花のタイプを大型 (直径か花冠の長さのいずれかが 3 cm 以上) の虫媒花, 小型の虫媒花 (直径か花冠の長さのいずれも 3 cm 未満), その他に区分した。

各群落において、これらの種特性別の種数を求めた。また、量的な違いも加味するために、Braun-Blanquet (1964) の優占度階級 (+5) で記録された優占度を、各階級の被度の中央値 (+: 0.5%, 1: 5.5%, 2: 17.5%, 3: 37.5%, 4: 62.5%, 5: 87.5%) に変換したうえで、各種特性をもつ植物の優占度の割合を求めた。

3.3 絶滅のおそれがある植物の種数

各群落に絶滅の危険性が高い種がどの程度含まれているかを知るため、環境省の全国版レッドリスト (環境省自然環境局野生生物課, 2020), および尾瀬ヶ原が含まれる群馬県と福島県のレッドリスト (群馬県環境森林部自然環境課, 2012; 福島県生活環境部自然保護課, 2020) に記載されている種を抽出し、群落ごとの種数を調べた。抽出の条件は、3つのレッドリストのいずれかひとつ以上に掲載されているものとし、「情報不足」に分類されているものも含めた。

3.4 食痕が認められた種数

各植生タイプについて、種ごとに食痕の確認割合を算出し、採食される頻度が高い種を抽出した。この際、湿原植生においては調査区の 10% 以上に出現し、その 10% 以上で食痕が認められた種、調査区数が少ない低木林・河畔林においては調査区の 20% 以上に出現し、その 10% 以上に食痕が認められた種を採食頻度が高い種とみなした。また、群落別に草本層と低木層に出現し

表 2：尾瀬ヶ原の湿原植物群落の種組成

ローマ数字は常在度階級，下付きアラビア数字は優占度の範囲を示す。

+：<10%，I：10-20%，II：20-40%，III：40-60%，IV：60-80%，V：80%=<。

NS：ホソバタマミクリーオゼコウホネ群集，Nt：ヒツジグサ群集，MS：ヌマガヤーイボミズゴケ群集，CS：ヤチカワズゲーキダチミズゴケ群集，SR：ホロムイソウーミカツキグサ群落，CM：ホロムイソウーヌマガヤ群集，IM：ミズギクーヌマガヤ群集，M：ミツガシワ群落，MC：ミツガシワーヤチスゲ群落，CC：ホソバオゼヌマスゲークロバナロウゲ群集，CL：リュウキンカーミズバショウ群集，AA：ノダケーゴマナ群落，HP：ノリウツギーウワミズザクラ群落，U：ハルニレ群集

植生タイプ 群集・群落	浮葉植物群落		高層湿原			中間湿原		低層湿原					低木林	河畔林
	SN	Nt	MS	CS	SR	CM	IM	M	MC	CC	CL	AA	HP	U
オゼコウホネ	V 1-3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ホソバタマミクリ	I 4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ヒツジグサ	+	V 3-4	.	.	.	.	.	II +1	.	.	.	.	.	.
サギスゲ	.	.	III +3 III +2 II +1 IV +2 + + . III +2	.	.	.	.	.	V 1-2 II +1 I 1	.	.	.	.	.
モウセンゴケ	.	.	IV +2 . +1 V +1 II +1 III + III + III +	.	.	.	.	.	I + II +1	.	.	.	.	.
ヤチカワズゲ	.	.	III +2 II +1 III +1 I +1 II +1 IV +2 III +2	.	.	.	.	.	IV +2 II +1 I 1 I +	.	.	.	.	.
ホロムイソウ	.	.	III +3 IV +2 III +2 V +3 V +4 V +3 II +2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ワタスゲ	.	.	IV +4 III +3 IV +2 . III +2 III 1-2 III 1-3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ミカツキグサ	.	.	V +3 V +3 V +3 V 1-4 I +3 II +2 II +2	.	.	.	.	.	I +	.	.	.	.	.
ミヤマイヌノハナヒゲ	.	.	II +2 III +2 IV +3 IV +3 II +3 + + III +1	.	.	.	.	.	.	+	+1	.	.	.
ホロムイソウ	.	.	II +2 I + I + IV +1 . + + II +1	.	.	.	.	.	I +1	.	.	.	.	.
ツルコケモモ	.	.	V +2 IV +2 II + . IV +3 + + + +	.	.	.	.	.	I +2 II +2	.	.	.	.	.
ヒメジャクナゲ	.	.	IV +2 V +3 V +1 + + II +1 + + + +	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.
キンコウカ	.	.	III +3 II +2 V +4 III +1 II +3 . . .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ヤチスギラン	.	.	II + II + IV +1 IV +1 + + . . .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
イボミズゴケ	.	.	V +5 V 4-5 I +2 II +3 I +3 + + . . .	.	.	.	.	.	.	+	3	.	.	.
ムラサキミズゴケ	.	.	III +5 I 1-3 . . + 4 . . .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ウスベニミズゴケ	.	.	III +5 II +3 + + . + +3 . . .	.	.	.	.	.	.	+	1	.	III 1-2	.
キダチミズゴケ	.	.	+ +1 + 1-2 V +5 . + + . . .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ナガバノモウセンゴケ	.	.	+ + I +1 . V 1-3 . . .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ハリミズゴケ	.	.	. + 1 . III 1-5 . . .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
コタヌキモ	.	+ 1	. . + + III +2 . . + + .	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.
コバギボウシ	.	.	II +2 . I + . III +2 + + IV +1	.	.	.	.	.	III +1 II +1 I + IV +1	.	.	II + + +	.	.
イワショウブ	.	.	III +1 . IV +1 + + II +1 + + II +1	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.
ショウジョウバカマ	.	.	II + . III + . IV + + + I + .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I +	.
ハイイヌツゲ	.	.	II +1 . II + . I + + + . . .	.	.	.	.	.	.	.	.	I + V 1	III +	.
ミツバオウレン	.	.	II +1 . + + . II +1 . . .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I 2	.
マンネンスギ	.	.	III +1 . II + . I + . . .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
タテヤマリンドウ	.	.	II + . III + . I + + + + . . .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
トキソウ	.	.	II +1 + + I + I +1 III +1 V +1 III +1	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.
ヤチヤナギ	.	.	+ +1 + 2 I 1-2 + + II +2 V +3 III +3	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
アオモリミズゴケ	.	.	I +2 + + + 1 + 2 III +4 II +1 III +2	.	.	.	.	.	I 1-5 + + I 1	.	.	.	.	.
オオミズゴケ	.	.	+ 4 . + + . II +2 II + III +1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II +3	.
コツマトリソウ	.	.	I + . . . III +1 I + II +	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ミタケスゲ I +2 III +1 III +1	.	.	.	.	.	III +2 + 1-2 I +	.	.	.	.	.
ミズギク	.	.	+ . . . II +2 I + IV +3	.	.	.	.	.	II + II +1 . II +	.	.	.	.	.
ミツガシワ	.	II 2-3	+ 1 I +1 + + II +2 . . .	.	.	.	.	V 2-4 V 1-5 II +5	.	.	.	.	.	.
ヌマガヤ	.	.	V +4 V +3 V 1-3 I +1 V 2-5 V 3-5 V 2-5	.	.	.	.	.	IV +2 III +2 I + + + V +2	.	.	.	.	.
ワレモコウ	.	.	I +1 + + I + + + V +2 V +2 V +2	.	.	.	.	.	IV +2 V +3 IV +1 IV +1	.	.	.	I +	.
ヤチスゲ	.	.	+ 1 II + + 1 II +1 . + + II 1-3	.	.	.	.	.	V +4 IV +3 II +2 .	.	.	.	.	.
カキツバタ	.	.	+ +1 I 1-2 + 1-2 + +2 I 1-3 II +3 III +3	.	.	.	.	I 2	III +2 II +2 I 3 .	.	.	.	.	.
ミズドクサ	.	.	+ +1 . . + + + +1 . I +	.	.	.	.	.	. II +3 I + I +1	.	.	.	.	.
ヨシ	.	.	+ + . . . + +1 + + II +2	.	.	.	.	.	I + III +4 II +1 V +4	.	.	.	III +1	.
ミズバショウ	.	.	+ . . . + + . II +2	.	.	.	.	.	IV +1 III +3 V 3-4 V +3	.	.	.	I 1 V +2	.
リュウキンカ + +	+ + IV +1 V 1-2 II +1	.	.	.	I +	.
ツボスミレ I +3	.	.	.	.	.	+ + I +3 II + IV +2	.	.	I 1 V +2	.	.
オオバセンキュウ I +	.	.	.	.	.	. I 1-2 II + III +	.	.	.	II +1	.
オオバタチツボスミレ II +1	.	.	.	.	.	+ + + + II +1 II +1	.	.	.	I +	.
ゴウン + + . I +	.	.	.	.	.	I + + + I +1 III +2	.	.	.	I +	.
ヤナギトラノオ I +	.	.	.	.	.	III +1 IV +1 II + I +	.	.	.	.	.

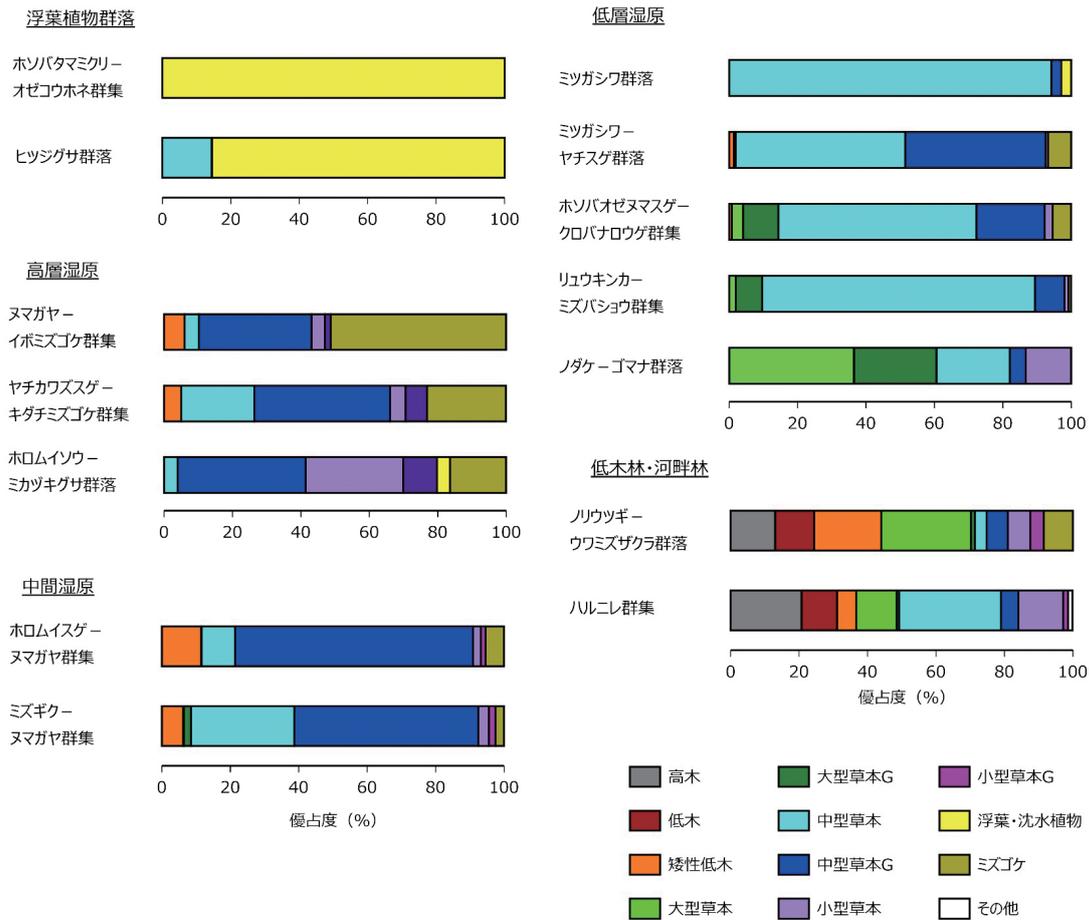


図1：各群落の生活形別の構成比。生活形区分ごとの積算優占度の割合で示す。大型草本，中型草本，小型草本のGはグラミノイド。

落とリュウキンカーミズバショウ群集では、ほとんどが広葉型の中型草本であった。群落高が1.5～2mと高いノダケゴマナ群落では、他の低層湿原群落と異なり大型草本が約60%を占めていた。低木林のノリウツギーウワミズザクラ群落と河畔林のハルニレ群集（低木層以下）では、シカの採食対象となりやすい低木、矮性低木、大型草本、中型草本が60%程度を占め、そのうちグラミノイドは10%未満であった。

以上のように、各群落の生活形別の構成比は、それぞれの群落高を反映して異なっていたが、シカの採食対象となりやすい非グラミノイドの中・大型草本や低木の割合は、低層湿原および低木林・河畔林の群落で高いことが明らかになった。これらの群落は、シカにとって餌資源となりうる植物が豊富な群落であるといえる。

地下器官型では、浮葉植物群落を除くと塊茎・鱗茎・球茎、または肥厚する地下茎をもつ種の割合は、30～35%の範囲にあったが、ミツガシワ群落だけはミツガシワ以外の種が少ないこともあり、75%(4種のうち3種)が塊茎・鱗茎・球茎、または肥厚する地下茎をもつ種であった。花の形態においても、3cm以上の虫媒花をも

つ種の割合は多くの群落で10%前後であったのに対し、ミツガシワ群落では67%(3種のうち2種)であった(表3)。このため、ミツガシワがほとんどを占めるミツガシワ群落は、シカが効率的に採餌できる植物群落であるといえる。

4.1.2 群落別の絶滅危惧種数

表4に調査対象群落に出現したレッドリスト掲載種を示す。調査した14群落に出現した絶滅の恐れがある種は32種であった。ヒツジグサ群落を除くすべての群落に絶滅の恐れがある種が出現し、その種数はホソバオゼヌマスゲクロバナロウゲ群集で12種と最も多かった。次いでハルニレ群集で11種、ノダケゴマナ群落で9種、ミズギクヌマガヤ群集で8種が記録された。

これらの種には、ホロムイスケ、トキソウ *Pogonia japonica*, カキツバタ *Iris laevigata*, ヤナギトラノオ *Lysimachia thyrsoiflora* のように5群落以上にまたがって出現し、尾瀬ヶ原においては個体数が多いものも含まれていた。一方で、特定の群落にしか出現しないものもあり、ホソバオゼヌマスゲクロバナロウゲ群集では5

表 4：各群落に出現する絶滅のおそれがある植物種

環境省, 福島県, 群馬県のレッドリストのいずれかに掲載されている種を示す。群集・群落の略号は表1参照。

EN:絶滅危惧ⅠA類, CR:絶滅危惧ⅠB類, VU:絶滅危惧Ⅱ類, NT:準絶滅危惧, DD:情報不足。群落名の略号は表1参照。ローマ数字は常在度階級。+:<10%, I:10-20%, II:20-40%, III:40-60%, IV:60-80%, V:80%=<

	レッドリスト			浮葉		高層湿原			中間湿原		低層湿原					森林	
	環境省	福島県	群馬県	SN	Nt	MS	CS	SR	CM	IM	M	MC	CC	CL	AA	HP	U
オゼコウホネ	VU	VU	VU	V	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ホロムイヌゲ		NT		.	.	III	III	V	V	II	.	.	.	.	.	.	.
トキノソウ	NT	NT	VU	.	.	I	I	I	III	III	.	I	+	.	.	.	.
イヌノヒゲ		NT	DD	.	.	+	.	II	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ナガバナモウセンゴケ	VU	VU	VU	.	.	+	.	V	.	.	.	.	.	.	.	.	.
カキツバタ	NT	NT	NT	.	.	+	.	.	I	III	I	III	II	I	.	.	.
ヤチヤナギ		NT		.	.	+	I	.	III	III	.	.	.	.	.	.	.
オオニガナ		NT	VU	.	.	.	.	.	+	.	.	.	I	.	I	.	.
サワラン		NT		.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
カキラン			VU	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
オオバタチツボスミレ	NT	NT	VU	.	.	.	.	.	II	.	+	+	II	II	.	.	I
ヤナギトラノオ		NT		.	.	.	.	.	I	.	III	IV	II	I	.	.	.
オゼスマアザミ	VU	VU	NT	.	.	.	.	.	+	.	.	II	I	IV	I	.	.
ミズチドリ			NT	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
クロバナロウゲ		VU		.	.	.	.	.	.	.	+	IV	.	.	.	.	.
ヒロハオゼスマスゲ	NT	EN	NT	.	.	.	.	.	.	.	.	III	.	.	.	.	.
ホンバオゼスマスゲ	NT	VU	VU	.	.	.	.	.	.	.	.	I	.	.	.	.	.
クロイヌノヒゲ	NT	DD	NT	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
ヤチラン	EN	EN	CR	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
チョウジギク		NT		.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
タカネスイバ		NT		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	IV	.	.	.
サンリンソウ		VU		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	III	.	.	V
シロバナカモメヅル			VU	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II	.	.	I
カラフトダイコンソウ		EN		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I	.	.	IV
ミズトシボ	VU	NT	VU	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
クルマバツクバネソウ		NT		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II
クツツバラ		DD		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I
クロクモソウ		VU		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
クロビイタヤ	VU	VU		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
コケイラン		VU	VU	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
ジョウシュウトリカブト		VU		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
ヤマクワガタ		NT		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
種数				1	0	6	3	4	7	8	1	5	12	4	9	1	11

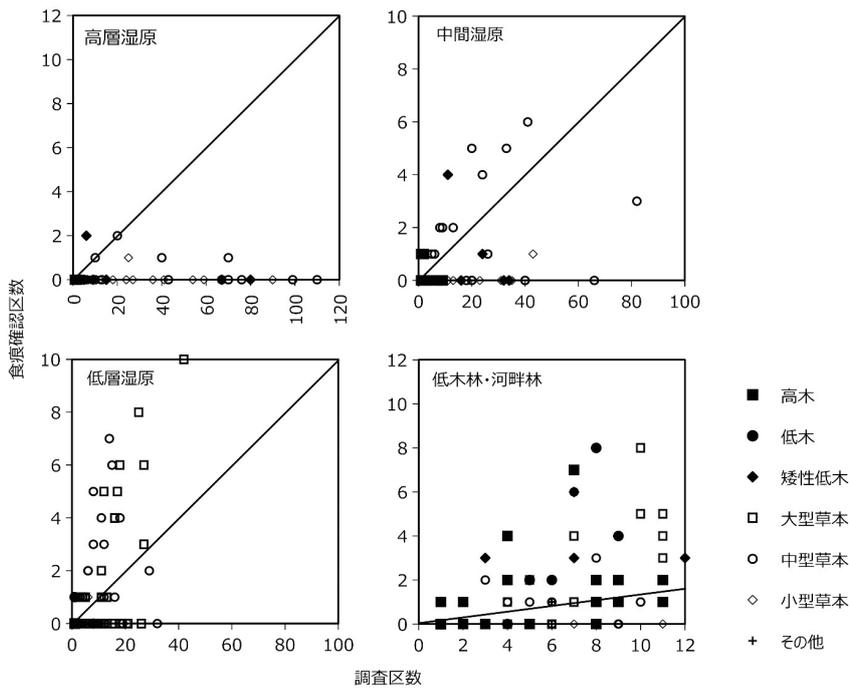


図 2：植物種の出現調査区数と食痕が確認された調査区数。直線は、出現調査区数：食痕確認区数=10:1の線で、直線より上の記号は出現地点の10%以上で採食されていたことを示す。

種、ハルニレ群集では7種が、その群落にしか出現しない種であった。

4.2 食痕と種特性

4.2.1 採食頻度が高い植物

図2は、植生タイプごとの全出現種について、出現調査区数と食痕が確認された調査区数を生活形別に示したものである。食痕が出現スタンドの10%以上でみられた植物は、中間湿原、低層湿原、低木林、河畔林で多かつ

た。生活形に着目すると、食痕が10%を超える植物は、中間湿原では中型草本、低層湿原では大型草本と中型草本、低木林と河畔林では高木の実生稚樹、低木、矮性低木、大型草本、中型草本に多くみられた。このように、シカが採食しやすいサイズの生活形をもつ植物が、実際に高い頻度で採食されていることが明らかになった。

図3に各植生タイプにおいて、シカの採食痕跡が多く確認された植物を示す。また、生活形および草本の生育型ごとにみた採食痕跡確認種数は表5に示した。中間湿原で出現調査区の10%以上に採食痕跡がみられた植物

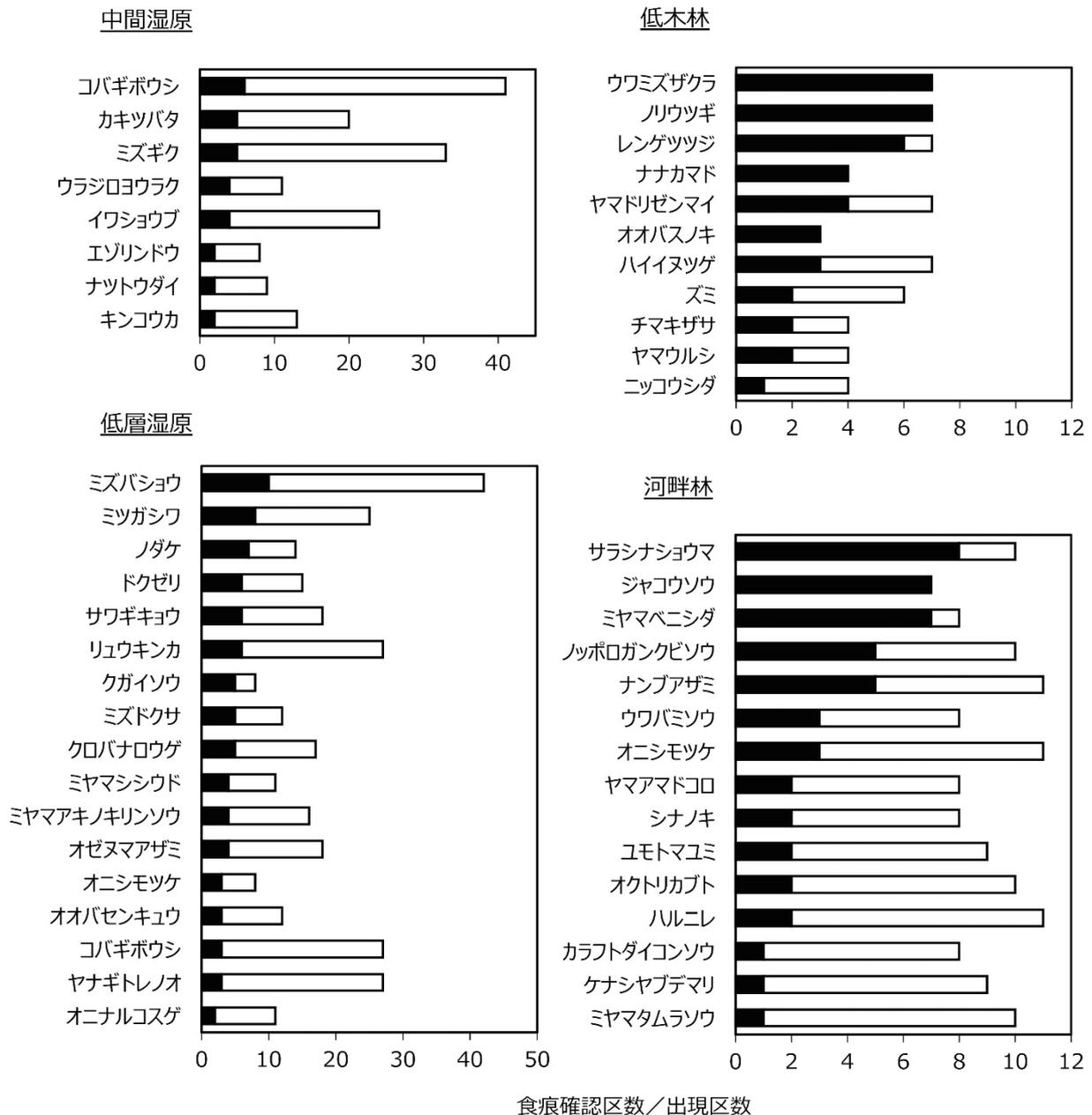


図3：食痕の確認頻度が高かった植物。中間湿原 (n=82)、低層湿原 (n=63) では調査区数の10%以上、低木林 (n=7)、河畔林 (n=15) では調査区数の20%以上に出現し、その10%以上で食痕が確認された種を示す。高層湿原では10%以上で食痕が確認された種はなかった。

表 5: 各植生タイプの生活形・生育型別にみた食痕認種数, 低木層以下に出現した種について示す.

生活形	高層湿原			中間湿原			低層湿原			低木林			河畔林		
	出現種数	採食種数	(%)	出現種数	採食種数	(%)	出現種数	採食種数	(%)	出現種数	採食種数	(%)	出現種数	採食種数	(%)
高木 (8m<)	2	0	0.0	1	0	0.0	2	1	50.0	3	3	100.0	19	9	47.4
低木 (2-8m)	0	0	-	0	0	-	1	1	100.0	5	5	100.0	10	5	50.0
矮性低木 (<2m)	11	1	9.1	11	2	18.2	5	1	20.0	7	6	85.7	3	1	33.3
つる性木本	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	4	0	-
大型草本 (1m<)	1	0	0.0	9	2	22.2	34	20	58.8	7	1	14.3	34	18	52.9
中型草本 (0.3-1m)	26	4	15.4	39	12	30.8	87	17	19.5	14	3	21.4	73	22	30.1
小型草本 (<0.3m)	15	1	6.7	18	1	5.6	26	1	3.8	9	0	0.0	30	5	16.7
つる性草本	0	0	-	0	0	-	3	0	0.0	1	0	0.0	10	3	30.0
その他	1	0	0.0	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-
計	56	6	10.7	78	17	21.8	158	41	25.9	46	18	39.1	183	63	34.4
草本生育型															
直立型	19	3	15.8	32	9	28.1	70	20	28.6	9	1	11.1	70	28	40.0
直立型 (グラミノイド)	6	0	0.0	5	0	0.0	11	2	18.2	0	0	-	2	0	0.0
分枝型	0	0	-	1	0	0.0	2	0	0.0	0	0	-	0	0	-
一次/偽ロゼット型	2	0	0.0	7	0	0.0	18	7	38.9	4	0	0.0	19	6	31.6
ロゼット型	10	3	30.0	10	4	40.0	15	6	40.0	10	3	30.0	30	8	26.7
叢生型	0	0	-	1	0	0.0	0	0	-	0	0	-	0	0	-
叢生型 (グラミノイド)	4	0	0.0	9	2	22.2	25	3	12.0	6	0	0.0	10	2	20.0
匍匐型	1	0	0.0	1	0	0.0	2	0	0.0	1	0	0.0	4	1	25.0
つる型	0	0	-	0	0	-	5	0	0.0	1	0	0.0	12	3	25.0
その他	0	0	-	1	0	0.0	2	0	0.0	0	0	-	0	0	-
計	42	6	14.3	67	15	22.4	150	38	25.3	31	4	12.9	147	48	32.7

は 8 種あった. もっとも割合が高かったのは低木のウラジロヨウラク *Menziesia pentandra* であったが, その他は非グラミノイドの中・大型草本であった. コバギボウシ *Hosta sieboldii* var. *sieboldii* f. *spathulata*, カキツバタ, エゾリンドウ *Gentiana triflora* var. *japonica*, イワシヨウブ *Tofieldia glutinosa* subsp. *japonica* といった, 花期に群落の相観を特徴づける種に食痕が確認され, いずれも花茎が食べられていることが多かった.

低層湿原で 10% 以上に食痕が確認された種は 17 種あったが, オニナルコスゲ *Carex vesicaria* を除く 16 種が非グラミノイドの中型草本または大型草本であった. とくにクガイソウ *Veronicastrum japonicum*, ノダケ, ミズドクサ *Equisetum fluviatile*, サワギキョウ *Lobelia sessilifolia* などの採食率が高く, 有毒植物のドクゼリ *Cicuta virosa* でも 40% で食痕がみられた.

低木林 (ノリウツギ-ウワミズザクラ群落) では, 10% 以上で食痕が確認された種が 11 種あり, そのうち 9 種は高木または低木であった. とくに群落の優占種であるノリウツギとウワミズザクラはすべてのスタンドで食痕が認められ, 枯死している個体も多かった. 下層に生育するオオバスノキ *Vaccinium smallii* var. *smallii*, レンゲツツジ *Rhododendron molle* subsp. *japonicum*, ズミなども採食されており, 被害が著しいスタンドが目立った.

河畔林 (ハルニレ群集) では, 非グラミノイドの中・大型草本を主とする 15 種で 10% 以上の食痕がみられた. とくにジャコウソウ *Chelonopsis moschata*, ミヤマベニシダ *Dryopteris goldiana* subsp. *monticola*, サラシナシヨウマ *Cimicifuga simplex* は嗜好性が高く, 80% 以

上で食痕が認められた.

高層湿原では, 10% 以上に食痕がみられた植物はなかった.

4. 2. 2 各群落のシカによる利用度と餌資源量

各群落の草本層と低木層に生育する植物のうち, 採食対象となりやすい中・大型草本のうちグラミノイドを除いたもの, 矮性低木, 低木の総量 (積算優占度) と, 食痕を確認した種数の関係を図 4 に示す. 積算優占度をシカにとっての餌資源の量, 食痕を確認した種数をシカにとっての利用度とみなすと, 餌資源量が多い群落ほど利用度が高いことがわかる. 全体として河畔林, 低木林, 低層湿原, 中間・高層湿原, 浮葉植物群落の順で餌資源量が大きく, それにともなって利用度も上昇していた. 餌資源量が同程度の中間湿原と高層湿原では, 中間湿原のほうが利用度が高かった. とくに, 餌資源の量自体も多い河畔林のハルニレ群集は, 利用される植物の種数が

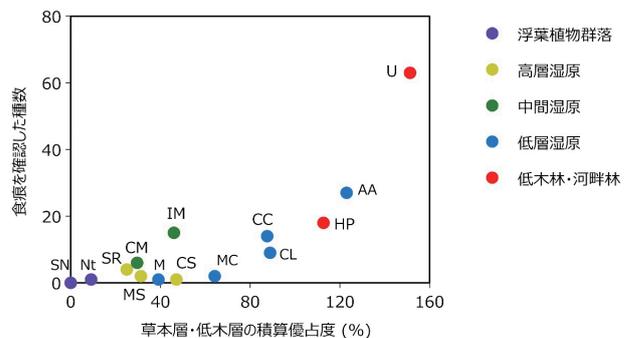


図 4: 草本層・低木層の出現種の積算優占度 (グラミノイド, 沈水・浮葉植物を除く) と食痕を確認した種数. 群落の略号は表 1 参照.

突出して多かった。また、湿原植生の中でも、低層湿原のノダケ-ゴマナ群落は、低木林のノリウツギ-ウワミズザクラ群落と同等以上の餌資源量と利用度があることがわかった。

5. 考察

尾瀬ヶ原においては、低層湿原の植物群落でシカの採食影響を受けやすい中型から大型の広葉草本が高い割合を占めていた。また、低木林や河畔林では、これに加えて低木または矮性低木も多く生育していた。そして、食痕が高頻度で確認された植物は、これらの生活形をもつものに多かった。低層湿原や低木林・河畔林の群落では、約50年前の1960年代の調査資料と比較して種組成の差異が大きいことが明らかになっている（吉川ほか, 2021）が、この種組成の差異はシカの採食影響によるところが大きいことが裏づけられた。さらに低層湿原や低木林・河畔林の群落では、採食対象となりやすい生活形をもつ植物の積算優占度も高いことから、シカの餌資源が量・質ともに豊富であり、採食影響を受けやすく、脆弱性が高いと考えられた。また、採食影響を受けやすい群落は、絶滅のおそれがある種を多く含む群落とも重複していた。

シカの影響に対する植物種の脆弱性を評価するにあたっては、シカの高密度化にともなう減少の程度といった時間軸によるアプローチと、影響を受けやすい種がどのような場所に偏在しているかという空間軸によるアプローチが考えられる（大橋ほか, 2014）。本研究では、生活形などの種特性からみてシカの採食影響を受けるリスクが高いと考えられる種が、どの群落に偏在しているかを調べるとともに、実際に特定の生活形をもつ植物が高頻度で採食されていることを食痕の調査から確かめることができた。さらに、採食影響を受けやすい種特性の植物を多く含む群落は、約50年前と比較して種組成の違いが大きかった群落（吉川ほか, 2021）とよく一致していた。これらのことから、尾瀬ヶ原における群落レベルでの脆弱性が、空間軸・時間軸双方のアプローチから矛盾なく評価できたといえる。

今回の脆弱性評価の結果から、尾瀬ヶ原において採食に対する保全対策の優先順位が高いのは、低層湿原および低木林・河畔林の群落であるといえる。低層湿原で食痕が多く確認された植物の一部（ノダケ、ドクゼリ、サワギキョウ、ミツガシワ、クロバナロウゲ）は、1960年代と比べて明らかに常在度が低下した種であった（吉川ほか, 2021）。また、ホソバオゼヌマスゲ-クロバナ

ロウゲ群落におけるクロバナロウゲ、リュウキンカーミズバショウ群落におけるミズバショウとリュウキンカ、ノダケ-ゴマナ群落におけるノダケ、オニシモツケ、クガイソウなど、各群落を特徴づける植物が好んで採食されていた。吉川ほか（2021）では、低層湿原の群落において1960年代と比べて群落間の種組成の類似度が大きくなった（種組成の差異が小さくなった）ことが示されたが、これには上記のような各群落を特徴づける植物が選択的に採食されることが影響していると考えられた。Ohashi and Hoshino（2014）は、シカによる攪乱の増加が特定のハビタットに生育する植物の減少を招くことで、群落間の組成的な均質化が起こりうることを指摘したが、尾瀬ヶ原の湿原植生においても、特定の群落を特徴づける種の減少をともなして均質化が進んでいるといえる。

低木林のノリウツギ-ウワミズザクラ群落においては、ウワミズザクラ、ノリウツギなど主要な構成種が大きな採食圧を受けており、枯死しているものも観察された。1960年代には草本層に生育していた広葉草本はほとんど消失しており、群落そのものが消失する恐れがある。この群落は、湿原周囲の林縁の他、湿原内の微高地や段差になった部分の肩部にパッチ状に分布している。湿原内を移動するシカの隠れ場所になるため、滞在時間も長く、採食の影響が強く表れることが考えられる。

河畔林のハルニレ群落は、低木層が発達し、林床にも大型の広葉草本が多く生育することから、シカの餌資源が豊富な群落である。中型から大型の広葉草本に食痕が多く、尾瀬ヶ原においてシカの主要な採餌場所となっていると考えられる。竜宮小屋付近などでは、低木層以下が減少して明らかなディアラインが形成されている場所もみられた。ハルニレ群落は、尾瀬ヶ原の北側を流れるヨッピー川沿いや、中田代と下田代の間を流れる沼尻川沿いに発達しているが、こうした線状の森林はシカの移動経路として利用されていると考えられるため、今後も影響の深刻化が懸念される。

中間湿原の群落では、上述の低層湿原や低木林・河畔林に比べると採食を受けやすい種特性をもつ植物の割合は少ない。しかし、とくにミズギク-ヌマガヤ群落において、カキツバタ、コバギボウシ、ミズギクなど花期に群落の相観を特徴づける種に食痕が確認された。また、今回の調査資料での常在度は低かったが、ゼンテイカも中間湿原が生育環境の中心である。ゼンテイカは長野県の霧ヶ峰（尾関・岸本, 2009）や北海道の雨竜沼湿原（島村ほか, 2019）でも高頻度で花茎が採食されることが報告されており、尾瀬ヶ原でも開花個体の減少が著しいこ

とから中田代で保護柵の設置が実施されている。このように大型の花をもつ草本は採食されやすい傾向があるため、それらを多く含む中間湿原も低層湿原に準ずる保全対策が必要であると考えられる。

シカの採食影響は植物の地下部にも及ぶことがある(内藤・木村, 1998; Igarashi and Takatsuki, 2008)が、地下器官の特性については、構成種数が少ない群落を除いて、群落間に大きな違いがなかった。明らかに地下器官が採食されているのはミツガシワのみであり、ミツガシワ群落の攪乱は、ミツガシワに対する高い嗜好性によるところが大きいと考えられた。しかし、ミツガシワの採食を目的とした掘り起こしは、他の植物にも大きな影響を与えるため、ミツガシワを含む低層湿原の群落は、地表攪乱を受けやすい点でも脆弱性が高いと考えられる。

尾瀬ヶ原の湿原植生の保全対策は、以上のような群落の脆弱性の違いとシカの行動様式を考慮して計画されることが求められる。シカが餌場としてよく利用し、脆弱性も高いのは湿原周縁部や河川沿いに発達する低層湿原や河畔林であるので、こうした場所へ優先的に防鹿柵を設置することが望ましい。湿原の中心部に発達する高層湿原の群落は、採食影響に対する脆弱性は高くないが、踏圧で破壊された場合には復元が極めて難しくなる。餌資源が豊富な低層湿原や低木林を防鹿柵で囲んで、餌場として利用できなくすることは、これらへの移動経路にある高層湿原の群落への踏圧を軽減することで、間接的に高層湿原の保全にもつながると考えられる。

謝辞

本研究は第4次尾瀬総合学術調査の一環として、環境省の生物多様性保全推進事業費を用いて行われた。現地調査の実施にあたっては、尾瀬保護財団ならびにビジターセンターの職員の皆様にご支援をいただいた。また、井関智裕氏、八木正徳氏、星野順子氏、および東京農工大学植生管理学研究室の学生諸氏には、植生調査と資料整理のお手伝いをいただいた。ここに記して感謝申し上げます。

引用文献

- 明石信廣, 藤田真人, 渡辺修, 宇野裕之, 萩原裕 (2013) 簡易なチェックシートによるエゾシカの天然林への影響評価. 日本林学会誌, **95**, 259-266.
- Braun-Blanquet, J. (1964) *Pflanzensociologie, 3 Auflage*. Springer, Wien.

- 福島県生活環境部自然保護課 (2020) ふくしまレッドリスト (2020年版) 維管束植物. 福島県. <https://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/attachment/443069.pdf>
- 群馬県環境森林部自然環境課 (2012) 群馬県の絶滅のおそれのある野生生物 (群馬県レッドデータブック) 植物編 2012年改定版. 群馬県.
- 長谷川順一 (2008) 栃木県の自然の変貌 - 自然の保全はこれでよいのか. 自刊, 宇都宮.
- 星野義延, 大橋春香 (2015) 東京三頭山のブナ林 - 予防的に設置したシカ柵の効果. シカの脅威と森の未来 (前迫ゆり, 高槻成紀編): 67-75, 文一総合出版, 東京.
- Igarashi, T. and Takatsuki, S. (2008) Effects of defoliation and digging caused by sika deer on the Oze mires of central Japan. *Biosphere Conservation*, **9**, 9-16.
- Iijima, H. and Nagaike, T. (2015) Appropriate vegetation indices for measuring the impacts of deer on forest ecosystems. *Ecol. Indic.*, **48**, 457-463.
- 環境省関東地方環境事務所 (2019) 平成30年度尾瀬国立公園ニホンジカ植生被害対策検討業務報告書. 環境省.
- 環境省自然保護局野生生物課 (2020) 環境省レッドリスト 2020. 環境省. <http://www.env.go.jp/press/files/jp/114457.pdf>
- 黒沢高秀 (2007) 尾瀬国立公園の自生維管束植物チェックリスト. 福島大学地域創造, **19**, 6050-6083.
- 宮脇昭, 藤原一繪 (1970) 尾瀬ヶ原の植生. 国立公園協会, 東京.
- 内藤俊彦, 木村吉幸 (1998) 尾瀬のニホンジカ. 尾瀬の総合研究 (尾瀬総合学術調査団編): 725-739. 尾瀬総合学術調査団事務局, 前橋.
- 内藤俊彦, 木村吉幸, 濱口絵夢 (2007) ニホンジカによる植生攪乱とその回復. 尾瀬の保護と復元 (特別号) (尾瀬の保護と復元 (特別号) 編集委員会編): 205-233. 福島県.
- 沼田真編 (1978) 植物生態の観察と研究. 東海大学出版会, 東京.
- Ohashi, H. and Hoshino, Y. (2014) Disturbance by large herbivores alters the relative importance of the ecological processes that influence the assembly pattern in heterogeneous meta-communities. *Ecol. Evol.*, **4**, 766-775.
- 大橋春香, 星野義延, 中山智絵, 奥山忠誠, 大津千晶 (2014) ニホンジカ高密度化に対する脆弱性と RDB 掲載種からみた植物群落の保全危急性評価. 日本緑化工学会誌, **39**, 512-520.
- 大橋春香, 星野義延, 大野啓一 (2007) 東京都奥多摩地域におけるニホンジカ (*Cervus nippon*) の生息密度増加に伴う植物群落の種組成変化. 植生学会誌, **24**, 123-151.
- Ohashi, H., Yoshikawa, M., Oono, K., Tanaka, N., Hasate, Y., and Murakami, Y. (2014) The impact of Sika deer on vegetation in Japan: Setting management priorities on a national scale. *Environ. Manag.*, **54**,

- 631-640.
- 大澤剛士, 井下原元, 伊藤千陽, 道又静香, 杉山大樹 (2015) 植生保護柵を利用したシカによる林床植生変化の早期検出. 保全生態学研究, **20**, 167-179.
- 大津千晶, 星野義延, 末崎朗 (2011) 秩父多摩甲斐地域を中心とする山地帯・亜高山帯草原に与えるニホンジカの影響. 植生学会誌, **28**, 1-17.
- Otsu, C., Iijima, H., and Nagaike, T. (2019) Plant community recovery from intense deer grazing depends on reduction of graminoids and the tome after exclosure installation in a semi-natural grassland. *Peer J*, **7**, e7833. <https://doi.org/10.7717/peerj.7833>
- 尾関雅章, 岸本良輔 (2009) 霧ヶ峰におけるニホンジカによる植生への影響: ニッコウキスゲ・ユウスゲの被食圧. 長野県環境保全研究所研究報告, **5**, 21-25.
- 島村崇志, 西川洋子, 稲富佳洋, 佐々木純一 (2019) 雨竜沼湿原における主要植物3種のエゾシカによる花茎被食状況. 環境科学研究センター所報, **8**, 65-69.
- 庄司亜香音, 後藤拓弥 (2019) 尾瀬国立公園におけるニホンジカ対策. 水利科学, **62**, 99-118.
- 橘ヒサ子 (2005) 尾瀬ヶ原湿原. 図説日本の植生 (福嶋司・岩瀬徹編): 110-111. 朝倉書店, 東京.
- 高槻成規 (1989) 植物および群落に及ぼすシカの影響. 日本生態学会誌, **39**, 67-80.
- Takatsuki, S. (2003) Use of mires and habits of sika deer in the Oze Area, central Japan. *Ecol. Res.*, **18**, 331-338.
- 吉川正人, 星野義延, 大志万葉々子, 大橋春香 (2021) 尾瀬ヶ原の湿原植物群落に生じたシカ増加前後50年間の種組成変化. 植生学会誌, **38**, 95-117.