

仙丈ヶ岳におけるシカ防除柵設置による高山植生の回復効果

渡邊 修・彦坂 遼・草野寛子・竹田謙一

信州大学農学部食料生産科学科

要 約 本研究はシカの食害によって高山植生が衰退した南アルプスの仙丈ヶ岳馬の背において、植生回復効果を調査したものである。シカ食害の影響を防止するため、2008年夏に防鹿柵が馬の背周辺のダケカンバ林床とお花畑に設置された。柵設置直後、調査地のダケカンバ林床ではマルバダケブキ、ヒゲノガリヤス、バイケイソウ、キバナノコマノツメが優占しており、お花畑ではタカネヨモギとバイケイソウが優占していた。柵設置後1年、ダケカンバ林床の柵内においてマルバダケブキとヒゲノガリヤスの植被率と積算優占度が大幅に上昇し、お花畑ではタカネヨモギが優占化した。各コドラートにおける多様度指数は、柵内外で平均値に差は見られなかったが、柵内において2008年と2010年の多様度指数に有意差が見られ、柵内の種多様度が増加した。柵内では高山植生の回復が徐々に進み、タカネスイバ、ミヤマキンボウゲ、ミヤマキノキリンソウの優占度が上昇した。ここで得られた結果は、柵設置によって植被率が増加し、高山植生回復に効果があったことを示すが、一方でマルバダケブキとヒゲノガリヤスの高い優占度は他草種の回復にマイナスの影響を及ぼす可能性があると考えられた。

キーワード：防鹿柵，高山植生，仙丈ヶ岳，マルバダケブキ

緒 言

近年、日本各地においてニホンジカ (*Cervus nippon*：以下シカ) の採食による自然植生への影響が報告されている⁹⁾。奈良県の大台ヶ原では、シカの採食により絶滅危惧種を含む多くの草本や木本が減少し⁷⁾、また、日光国立公園や尾瀬では樹木の剥皮や湿原の掘り起こしが進み¹⁸⁾、宮城県の金華山島においても樹木の実生や若木が採食され、森林更新が阻害されている¹⁰⁾。

長野県と山梨県の県境に位置する南アルプスの仙丈ヶ岳 (標高3033m) では、1990年代末ごろからシカが出現しはじめ、シカの増加にともない貴重な高山植生が食害され、南アルプスに広く分布するミドリユキザサーダケカンバ群団やシナノキンバイーミヤマキンボウゲ群団で植生が衰退している^{8,15,16)}。とくに馬ノ背ヒュッテ周辺 (標高2640m) では、かつてシナノキンバイ (*Trollius riederianus* var. *japonicus*)、ミヤマシシウド (*Angelica pubescens* var. *matsumurae*) などの高茎草本やクロユリ (*Fritillaria camtschatcensis*) が咲く「お花畑」として多くの登山者に親しまれてきたが、シカによる食害で高山植生が衰退し、マルバダケブキ

(*Ligularia dentata*) が優占する単純な植生が広がっている (図3)。マルバダケブキはシカの不嗜好性植物と考えられており、馬ノ背ヒュッテ周辺を含む南アルプス全域において食害を受けたお花畑やダケカンバ林床で優占している^{15,16)}。シカによる高山植生への食害が進行することで、貴重な高山植物や希少種が減少・絶滅する恐れがあり、種多様性保全や次世代に自然環境を残す面から多くの問題がある。さらに、植生がなくなり地表面が露出することで土壌が流出し、侵食の拡大や山地崩壊なども危惧される^{4,5,15,16)}。

高山植生をシカの食害から保護し、被害エリアの植生回復を進めるため、南アルプス食害対策協議会が設立され、2008年から仙丈ヶ岳の馬ノ背ヒュッテ周辺に防鹿柵を設置した。防鹿柵設置による植生保護の先行的な取り組みとしては、神奈川県丹沢山地における植生保護柵による希少植物の保護が挙げられる。丹沢山地では植生保護柵を設置して4年経過後、柵内で多くの草種の回復に加え、希少種5種の出現も確認された¹¹⁾。丹沢山地では、植生の地上部が矮小化した状態で残存していたこと、地下部の貯蔵器官が残存していたため、柵設置によるシカ採食圧の排除で植生の一部が復元したと考えられている。多年生草本植物は、光合成産物を貯蔵物質として地下部に転流し、地下の栄養器官に貯蔵する。高山植物は低温や短い日照時間で生活史を全うするた

受理日 2011年12月12日

採択日 2012年1月26日

めに、初期成長や空間占有の効率のよい多年型を示すものが多い。シカの採食で大きく被害を受けた馬の背周辺において、高山植生の地上部や根茎等が残存している場合、柵の設置でシカの侵入を防ぐことによって柵内の植生の回復が期待される。

本研究では、防鹿柵設置による高山植生の回復効果を明らかにするため、2008年に南アルプス食害対策協議会によって馬ノ背ヒュッテ周辺に設置された防鹿柵の内外において植生調査を行った。2008年時点で、標高2600mを超えるエリアに防鹿柵を設置した例は日本国内では三伏峠を除きほとんどない⁴⁾。柵設置直後の2008年から2010年まで植生モニタリング調査を実施し、柵内外の植生の比較、柵設置後の年数経過による植生の変化を調査した。

調査地および方法

南アルプス食害対策協議会では2008年に、仙丈ヶ岳登山道の藪沢分岐上部のお花畑に2ヶ所、馬の背ヒュッテ正面(標高約2640m)のダケカンバ(*Betula ermanii*)林床に1ヶ所、防鹿柵を設置した(図1)。この防鹿柵は積雪の影響を避けるため冬期間はFRP支柱とナイロンネットを外して維持管理する形状となっており、ネット下部はバグで固定され、シカが柵内へ容易に侵入できないようになっている。本調査では、柵設置直後の2008年8月、柵外に6ヶ所(C1~C6)、柵内に9ヶ所(F1~F9)、2m×2mのコドラートを設置した(図2)。各コドラートの平均傾斜角、傾斜方向、植生区分、緯度経度は表1に示した。調査地のダケカンバ林床は傾斜角度が20~34度で大部分が急傾斜地であった。

2008年8月20~23日にコドラート設置と現存植生調査を実施した。コドラート内の出現草種、草高(H, cm)、植被率(C, %)を調査した。同様の調査を2009年8月12日、2010年8月17~18日に実施し、柵を設置して2年間の植生回復状況を柵内外で比較した。植生の優占度は草高の比数(H')と植被率の比数(C')から積算優占度SDR₂を算出し(SDR₂=(H'+C')/2)²⁰⁾、2008年から2010年の柵内外における優占種を比較した。さらにSDR₂値から各コドラートの種多様度を求めた。種多様度の指標としてShannon-Wienerの多様度指数H'を用い、H'は以下の式を用いて求めた²¹⁾。

$$H' = - \sum_i p_i \ln p_i$$

(i = 1, p_i = n_i/N, n_iはi番目の種のSDR₂値、

lnは自然対数、Nは各コドラートにおけるSDR₂値の合計)

また、柵設置後の植生回復程度を柵内外で比較するため、草高と植被率の積(V値)を算出した。V値は植生のバイオマス量と高い相関があり⁶⁾、柵内外における各草種の存在量を量的に比較できる。柵内外の優占度、多様度指数、植被率、群落高および植物体量を比較し、防鹿柵設置による植生回復効果の考察を行った。

結 果

1. 防鹿柵内外における出現種と多様度指数の変化

柵設置直後の2008年に防鹿柵内6個のコドラート(C1~C6)と柵外9個のコドラート(F1~F9)に出現した草種の積算優占度(SDR₂)、出現種数および多様度指数を表2に示した。柵外のコドラートでは14科30種が確認され、各コドラートでの出現種数は12~19種で、マルバダケブキ、バイケイソウ(*Veratrum grandiflorum*)、キバナノコマノツメ(*Viola biflora*)、ヒゲノガリヤス(*Calamagrostis longiseta*)の優占度が高かった。お花畑に隣接するコドラート(C4)ではタカネヨモギ(*Artemisia sinanensis*)の優占度が高かった。柵内コドラートでは17科34種が確認され、各コドラートの出現種数は9~19種で、柵外と同様にマルバダケブキの優占度が最も高く、ヒゲノガリヤス、キバナノコマノツメ、バイケイソウの優占度が高かった。ダケカンバ林床のコドラート(表1)のほとんどでマルバダケブキが優占化していた。また、お花畑のコドラート(F5, F6)でタカネヨモギとバイケイソウが、F7でヒゲノガリヤスが優占化していた。積算優占度のデータを用いて柵内外の多様度指数を比較したところ、柵内の平均値は2.156、柵外の平均値が2.127で差は見られなかった。

柵設置1年後の2009年に前年と同じコドラートで植生調査を行った結果を表3に示した。柵外のコドラートでは17科31種が確認され、各コドラートでの出現種数は12~18種で、マルバダケブキ、ヒゲノガリヤス、バイケイソウ、キバナノコマノツメ、タカネスイバ(*Rumex arifolius*)の優占度が高かった。柵外ではヒゲノガリヤス、タカネスイバ、タカネヒゴタイ(*Saussurea triptera*)の優占度が上昇し、キバナノコマノツメとバイケイソウの優占度が低下した。柵外では優占度は低いイブキソモソモ(*Poa radula*)、シナノオトギリ(*Hypericum kamts-*

chaticum var. *senanense*), コガネイチゴ (*Rubus pedatus*) が新たに確認された。柵内では16科39種が確認され、各コドラートでの出現種数は12~21種で、前年より出現種数はやや増加した。ダケカンバ林床のF4で出現種数が最も多かった。優占上位5種は柵外と同じであった。柵内ではヒゲノガリヤスの優占度が上昇し、キバナノコマノツメの優占度はやや低下した。柵内ではF2を除くすべてのコドラートでミヤマキンポウゲ (*Ranunculus acris* var. *nipponicus*) の優占度が上昇し、お花畑のコドラートF7で特に増加し、F6, F7では多くの開花個体が確認された。柵内では優占度が低いが、ミヤマアワガエリ (*Phleum alpinum*), ムカゴトラノオ (*Bistorta vivipara*), モミジカラムツ (*Trautvetteria japonica*), ミヤマコウゾリナ (*Hieracium japonicum*), ヒメクワガタ (*Veronica nipponica*), ホザキイチヨウラン (*Microstylis monophyllos*), クルマユリ (*Lilium medeoloides*), ミヤマタンポポ (*Taraxacum alpicola*) が新たに確認された。積算優占度のデータを用いて柵内外の多様度指数を比較したところ、柵内の平均値は2.142, 柵外の平均値が2.302で差は見られなかった。

柵設置2年後の2010年に前年と同じコドラートで植生調査を行った結果を表4に示した。柵外コドラートでは19科36種、各コドラートでは15~20種が確認され、マルバダケブキ、ヒゲノガリヤス、バイケイソウ、キバナノコマノツメの優占度が高く、優占度の高い草種は前年と同様であった。柵外ではミヤマセンキュウ (*Conioselinum filicinum*) の優占度がやや上昇したが、前年度と比較して出現草種の優占度に大きな変化は見られなかった。柵内では17科39種、各コドラートでは11~22種が確認され、マルバダケブキ、ヒゲノガリヤス、タカネスイバ、バイケイソウの優占度が高かった。タカネスイバ、ミヤマアキノキリンソウ (*Solidago virgaurea* var. *leiocarpa*), タカネヒゴタイは前年度より優占度が高くなった。柵内で2010年に新たに出現した草種は、ネバリノギラン (*Aletris foliata*), イブキソモソモ、シナノオトギリであった。積算優占度のデータを用いて柵内外の多様度指数を比較したところ、柵内の平均値は2.217, 柵外の平均値が2.456で平均値に差は見られなかった。

柵外および柵内において各コドラートで算出した多様度指数の年次間比較を行った。柵外では柵設置直後の2008年に比べ、2009, 2010年とも種数の増加が見られたが、多様度指数に年次間差は見られな

かった (ANOVA, $p=0.648$)。柵内では2008年と比べ、2009, 2010年とも種数の増加が見られ、多様度指数の年次間差が確認された (ANOVA, $p<0.05$)。TukeyのHSDによる多重検定を行ったところ、2008年と2010年の間に差がみられ、多様度指数は柵設置後2年目で有意に増加した ($p<0.05$)。

2. 柵設置後の植被率、草高および植物体量の変化
各コドラートで測定した植被率の2008年から2010年までの変化を図4に示した。柵設置直後(2008年)の柵外の植被率は40~80%, 柵内の植被率は40~85%を示した。2008年の柵内外の植被率の平均値は柵内が58.3%, 柵外は64.4%であった。柵設置後1年(2009年)の柵外コドラートの植被率が40~70%, 平均54.1%であったが、柵内では60~95%, 平均77.8%を示し、柵内で植被率の上昇が見られた。柵設置後2年(2010年)の柵外コドラートの植被率が35~70%, 平均60%, 柵内では55~100%, 平均82.2%を示した。3年間の植被率の変化を比較したところ、柵外では平均値に差は見られなかったが、柵内において2008年と2010年の間に有意差が見られ ($p<0.05$)、柵設置による植被率の増加が確認された。

群落内で最も優占する草種の草高を群落高とし、各コドラートの群落高を図5に示した。柵外コドラートの草高は、2008年は20~55cm, 2009年は29~80cm, 2010年は33~115cmであった。柵外のコドラートにおいて群落高として測定された優占草種は、2008年ではマルバダケブキ (C2, C3, C5, C6), バイケイソウ (C1, C4), 2010年ではマルバダケブキ (C1~C3, C5, C6), バイケイソウ (C4) であった。2010年に草高が60cmを超える草種はすべてマルバダケブキであった。柵内の群落高は2008年が35~45cm, 2009年が55~100cm, 2010年が30~105cmであり、2008年より2010年の方が有意に高かった ($P<0.01$)。柵内のコドラートにおいて群落高として測定された草種は、2008年ではマルバダケブキ (F1~F3, F6, F8, F9), バイケイソウ (F4, F5, F7), ヒゲノガリヤス (F4, F7), 2010年ではマルバダケブキ (F2~F4, F8, F9), タカネスイバ (F1, F5), タカネヨモギ (F6), バイケイソウ (F7), ヒゲノガリヤス (F7) であった。

草高と植被率の積から各草種がコドラートを占有する体積 (V値: cm^3) を算出し、柵内外の優占上位8種とその他の草種のV値を図6に示した。柵設置直後の2008年は柵内外ともマルバダケブキのV

値が最も高く、柵内外では大きな差はなかった。柵内では2009年と2010年にマルバダケブキが急激に増加し(図7)、2008年と比較するとV値はほぼ2倍に増加した。柵外でもマルバダケブキの増加が顕著であった。柵内ではヒゲノガリヤスの増加も顕著で、2008年とV値は2倍以上増加した。タカネヨモギは柵内のお花畑の4コドラート(F5~F9)に出現し、優占順位は2010年に7位であるが(表4)、2008年のV値と比較すると約4倍に増加した。

考 察

1. 藪沢分岐上部お花畑と馬の背ヒュッテ周辺のダケカンバ林床の植生回復

仙丈ヶ岳を含む南アルプス全域でシカによる食害は極めて深刻であり、ミドリユキザサ・ダケカンバ群団やシナノキンバイ・ミヤマキンポウゲ群団を構成する貴重な高山植物は壊滅的な被害を受けている。ダケカンバ林床はもともと種数が豊富で、セリ科などの高茎草本が発達し、シカの重要な生息場所となっているため、南アルプスでも特に被害の大きい植生と言われている^{8,17)}。食害を受け始めた正確な時期は不明であるが、1990年代後半には馬の背ヒュッテや藪沢小屋付近でシカが多く目撃され、南アルプス北部(甲斐駒ヶ岳~三伏峠)では2003~2004年頃から被害が顕著になっていることが報告されている¹⁷⁾。本研究ではシカの食害によって衰退した馬の背ヒュッテ周辺において、防鹿柵設置による高山植生の回復に関する調査を実施した。ここで設置した防鹿柵は、2008年時点で、国内で設置した防鹿柵としては最も標高の高い場所の一つである⁴⁾。

防鹿柵を設置した直後(2008年)の調査地付近の植生は、ダケカンバ林床においてマルバダケブキとヒゲノガリヤス、お花畑でバイケイソウとタカネヨモギ、調査地全域でキバナノコマノツメが優占化しており、非常に単調な植生が広がっていた(図3)。高山帯に生育するスミレ科のキバナノコマノツメは草丈が5cm内外で、一般的には優占化しにくいことが、草丈が非常に低く食害を受けにくいことや、他草種が食害で消滅し、光が地面に当たるようになったことで優占化したと考えられる。

柵設置直後の植被率は60%前後であり、中には植被率40%程度のコドラートがみられ、調査地全域では裸地が目立ち、食害の影響は深刻であった(図3)。防鹿柵設置後1年で植被率が約20%増加し、柵設置後2年で90%を超えるコドラートも確認され

た(図4)。一方、柵外では60%前後の植被率で推移し、防鹿柵設置によってごく短期間で植被率が回復することが明らかとなった。ただし、ディアラインが明確に見える場所(C6やF9付近)では植被率が低いまま推移しており、今回、植被率が短期間で回復した場所は土壌等の条件が良好であったことや、地下栄養体が存続していたと考えられる。田村ら¹¹⁾は丹沢山地における植物保護柵内の植生回復について、シカの採食圧が排除されたことで地上部や地下部に残存していた種が成長した可能性を指摘している。また、同一地域でシカの行動調査を行った結果¹⁹⁾、防鹿柵の周辺に設置した4台のカメラで、100日間カメラを稼働させた単位に換算して発生頭数の平均値を確認したところ、2009年7月に22頭、8月に30頭、9月に15.5頭、10月に4頭のシカが観測されている。現地では柵設置後も特に夏期において、高い頻度でシカが観測されていることから、柵設置によってシカの侵入が防止され、植生回復に高い効果があると考えられた。

植被率回復に大きく寄与している草種としては、ダケカンバ林床では柵設置直後から優占度の高かったマルバダケブキ、ヒゲノガリヤス、バイケイソウ、柵設置後2年に増加したタカネスイバであった(表4、図6)。また、お花畑ではタカネヨモギが大幅に増加した。これらの草種は、塩見岳、三伏峠、聖平で観察されている優占草種と同じであり⁴⁾、南アルプス全体でシカの影響により高山植生が極めて単純になっていることを示している。また、藪沢上部のお花畑を構成していた、ミヤマキンポウゲ・シナノキンバイ群団においては、ミヤマキンポウゲの優占度が柵設置直後から上昇し、開花個体も多数見られたため、回復の早い草種と考えられた。一方、シナノキンバイは、コドラート内で葉は確認できたが、2010年の調査で数個体の開花が確認できたのみで、回復にはやや時間がかかると思われた。また、かつてお花畑に多数存在していたと思われるハクサンイチゲ(*Anemone narcissiflora* var. *nipponica*)は、柵内では一個体も確認できず、馬の背ヒュッテ周辺に多くみられたクロユリの開花個体も確認できなかった。

2. 種多様性の回復におけるマルバダケブキの影響

コドラート内の出現種数は柵設置後の年数の経過とともに柵内外とも徐々に増加したが、前年度と比較した増加数は最大で4種であり(表2~表4)、種数の回復にはかなり時間がかかると思われた。

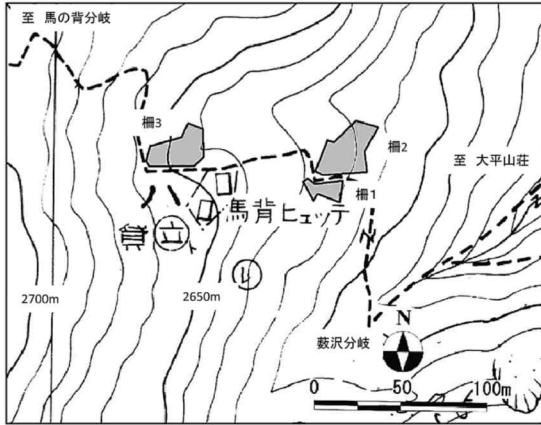


図1. 馬ノ背ヒュッテ周辺の防鹿柵設置状況

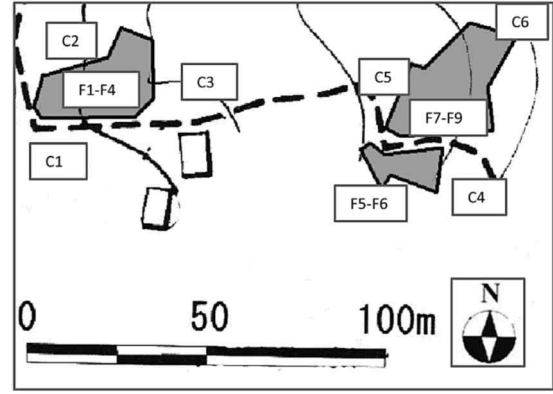


図2. 柵外コードラート (C1-C6) と柵内 (F1-F9) コードラートの配置図



図3. 防鹿柵設置直後の馬の背ヒュッテ周辺のダケカンバ林床の植生 (2008年8月撮影)

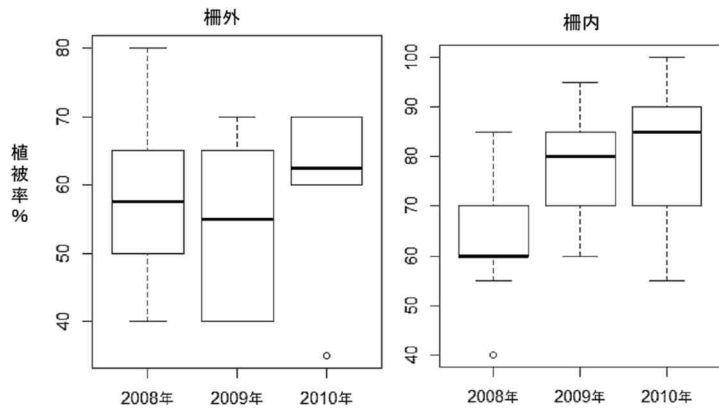


図4. 柵内外における各調査年の植被率 (箱ひげ図において、BOX 中央の太線は平均値を示す)

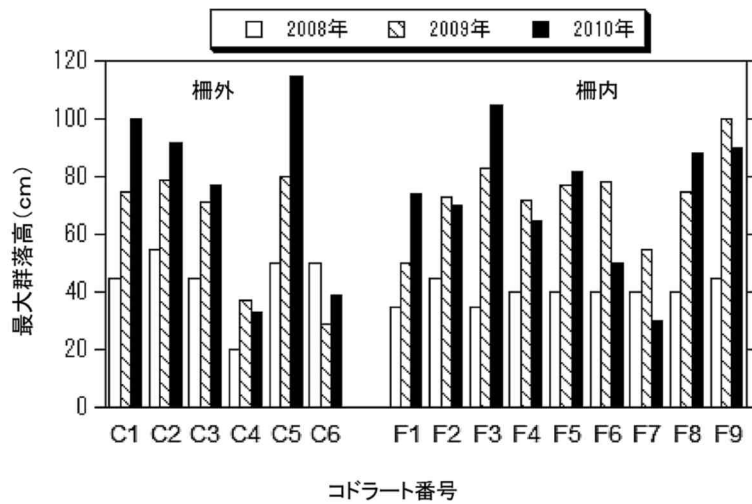


図5. 柵内外の各コードラートにおける各調査年の最大群落高 (C1からC6は柵外, F1からF9は柵内を示す)

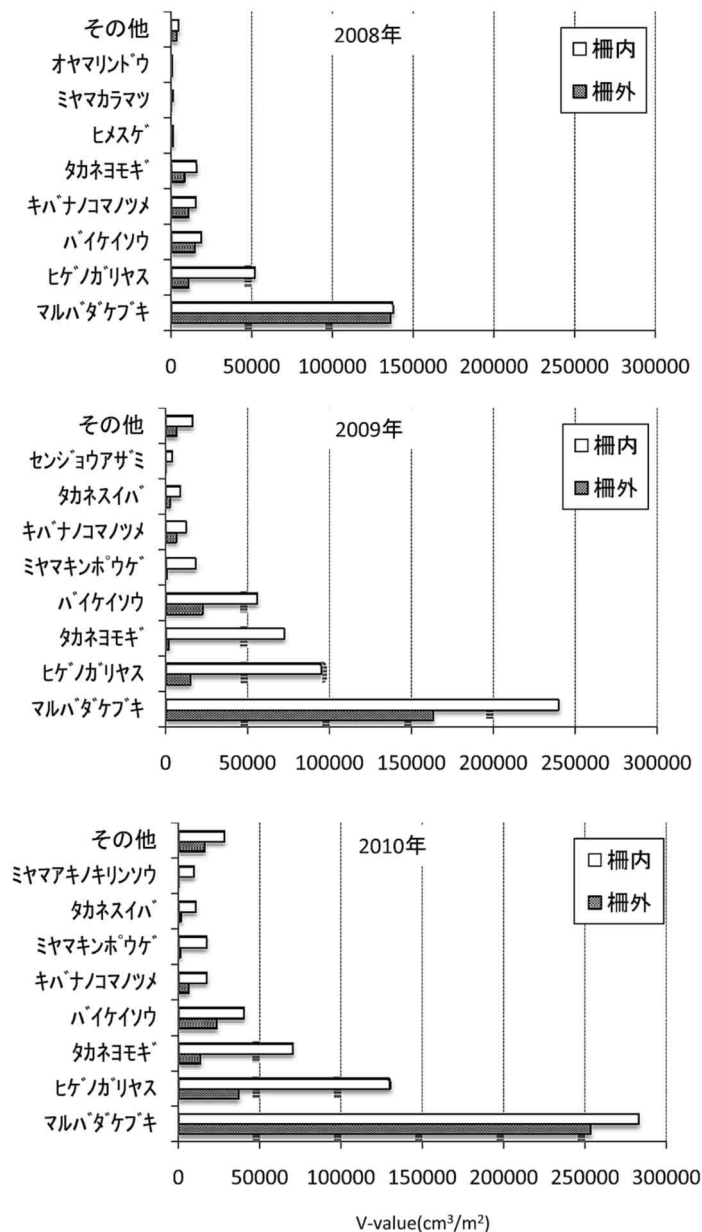


図6. コドラート内における優占上位8種の草高 (cm) と植被率 (%) から算出した V 値の柵内外の年次比較 (その他は他の出現種の合計値) の太線は平均値を示す)



図7. 防鹿柵設置1年後の馬の背ヒュッテ周辺のダケカンバ林床で優占化するマルバダケブキ (2009年8月撮影)

表1. 馬の背ヒュッテ周辺に設置したコドラートの環境情報

柵番号	コドラート 番号	コドラート サイズ	調査日	斜面方位	傾斜 角度	標高 (m)	植生区分	緯度(N)	経度(E)
柵3	C1	2 m × 2 m	2009/ 8 /12	N42°W	24	2650	ダケカンバ林床	35.7294	138.1882
	C2	2 m × 2 m	2009/ 8 /12	N76°E	34	2643	ダケカンバ林床	35.7297	138.1884
	C3	2 m × 2 m	2009/ 8 /12	N70°E	24	2639	ダケカンバ林床	35.7296	138.1888
	F1	2 m × 2 m	2009/ 8 /12	N56°E	24	2644	ダケカンバ林床	35.7297	138.1886
	F2	2 m × 2 m	2009/ 8 /12	N60°E	24	2646	ダケカンバ林床	35.7296	138.1886
	F3	2 m × 2 m	2009/ 8 /12	N67°E	26	2644	ダケカンバ林床	35.7296	138.1884
	F4	2 m × 2 m	2009/ 8 /12	N68°E	23	2646	ダケカンバ林床	35.7296	138.1886
柵1	C4	2 m × 2 m	2009/ 8 /12	N20°E	14	2604	ダケカンバ林床	35.7294	138.1896
	F5	2 m × 2 m	2009/ 8 /12	N23°E	12	2612	お花畑	35.7295	138.1896
	F6	2 m × 2 m	2009/ 8 /12	N68°W	35	2615	お花畑	35.7295	138.1895
柵2	C5	2 m × 2 m	2009/ 8 /12	N02°E	25	2600	ダケカンバ林床	35.7297	138.1897
	C6	2 m × 2 m	2009/ 8 /12	N66°E	30	2591	ダケカンバ林床	35.7297	138.1900
	F7	2 m × 2 m	2009/ 8 /12	N45°W	18	2599	お花畑	35.7295	138.1896
	F8	2 m × 2 m	2009/ 8 /12	N36°W	23	2602	ダケカンバ林床	35.7296	138.1897
	F9	2 m × 2 m	2009/ 8 /12	N28°E	20	2596	ダケカンバ林床	35.7297	138.1898

表2. 柵設置直後(2008年)の柵内外の各コドラートに出現した全草種の積算優占度(SDR₂)。各コドラートの出現種数、優占度の合計値、多様度指数は表の下段に示した。

種名	2008年 柵外						2008年 柵内									
	コドラート番号						コドラート番号									
	Cl	C2	C3	C4	C5	C6	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	
	SDR ₂						SDR ₂									
マルバダケブキ	88.9	100.0	70.0		100.0	66.7	100.0	100.0	49.0	32.7	71.4		100.0	100.0		
バイケイソウ	66.7		56.1	60.0		27.4	62.5	49.1	31.4	100.0	7.7		100.0	26.3		
キバナノコマノツメ	30.6	34.5	55.6	9.8	16.0	57.6	43.8	41.1	28.5	33.2	13.9	53.3	31.3	55.0	27.7	
ヒゲノガリヤス	5.7	10.4	50.0	45.9	40.7	48.8				52.3	92.9	36.5	53.8	41.0	13.1	
タカネヨモギ				81.3								82.5	57.9	27.5		
ミヤマアキノキリンソウ	5.7	11.6	31.7	9.8	7.2		13.3	28.6	25.1	25.1				5.2	10.1	
オヤマリンドウ			5.7	43.1		15.3	6.3		6.4		7.7	26.5	36.3			
ホソバトリカブト	5.7	18.2	23.9	13.8			6.3	20.9	7.4		15.4	7.0	7.6	5.2	13.1	
ヒメスゲ	7.9			37.8	12.0						26.5	20.2	14.6	20.1		
スズメノカタビラ			11.3	15.8		21.4	6.3		6.4	7.0	9.1		22.5	7.7	5.1	
ミヤマシシウド	5.7	18.2	5.7		8.4	6.2		6.3	18.9	12.6		5.7		4.2	7.8	
ミヤマセンキュウ			16.8	12.7		10.8	19.6	6.3	19.9					7.7		
タカネヒゴタイ	5.7	7.3	5.7		6.1	10.8	6.3	6.3	12.6					12.6		
タカネスイバ	5.7	9.2	7.2		12.7		9.6	15.4				5.7	18.8			
ミヤマキンボウゲ			18.3	9.6			13.3	7.0	6.4	6.3			7.6		8.1	
ハクサンフウロ				17.6		9.3				12.6	7.7	5.9	7.6	7.2	5.1	
タカネスズメノヒエ		4.6	5.7			11.4										
ミヤマカラマツ		9.2	11.3						12.6	6.4		6.4	12.5	12.6		
クルマユリ		5.7	4.6	5.7					12.6	18.9						
シナノキンバイ	0.2		5.7		8.4		6.3	13.9		9.5						
ダケカンバ		11.9								20.2	6.4					
センジョウアザミ	7.2	4.6							25.1							
チゴユリ			5.7		6.1					19.5						
キンスゲ		5.2			6.1					6.3			5.7	5.1		
モミジカラマツ						7.7							11.3		3.2	
ミツバオウレン					7											
マイヅルソウ					6.1		7.6									
オククルマムグラ					6.1						6.3					
タカネグンナイフウロ			5.7													
ツマトリソウ					3.7											
タカネグンナイフウロ									7.6							
クロユリ																
タカネスズメノヒエ											6.3					
チゴユリ																
タケシマラン																
ヨツバシオガマ											6.3					
スズメノカタビラ															5.2	
ミヤマアカバナ															5.2	
オククルマムグラ												3.9				
種数	13	14	19	12	15	12	種数	13	14	14	19	13	13	15	13	9
優占度合計	241.4	249.5	397.8	357.2	246.6	293.4	優占度合計	301.2	345.2	295.9	417.9	306.5	314.0	376.0	273.1	190.1
多様度指数(H')	1.83	2.09	2.53	2.22	2.1	2.18	多様度指数(H')	2.03	2.26	2.22	2.54	2.02	2.18	2.37	1.92	1.6

表3. 柵設置1年後(2009年)の柵内外の各コドラートに出現した全草種の積算優占度(SDR₂)。各コドラートの出現種数優占度の合計値, 多様度指数は表の下段に示した。

2009年	柵外						柵内									
	コドラート番号						コポラート番号									
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	
種名	SDR ₂						種名	SDR ₂								
マルバダケブキ	100	100	75		100	57.5	マルバダケブキ	100	100	100	51	20.1	52.5		100	100
ヒゲノガリヤス	31.7	36.5	42.1	38	16.5	44.7	ヒゲノガリヤス	45.2	28	10.9	100	6.6	18.7	86.4	34.2	14.1
バイケイソウ	64.7		47.7	60		33	バイケイソウ				36.2	64.7	63.5	66.7	48.7	10.9
キバナノコマノツメ	43.7	21.9	53.5	6.1	19.2	56.9	キバナノコマノツメ	41.4	33.5	43	17.8	1.9	53.2	11.1	31.1	21.2
タカネヨモギ	44.7	4.6	15.6	10.8	4.2	8.9	タカネスイバ	5.1	14.6	37.1	44.5	35.5	53	44.5	8.8	9.9
ヒメスゲ				55.4	3.2		ミヤマキンボウゲ	10.8		5.8	14.6	23.8	24.3	52.3	41.1	18.9
ホソバリアカブト	3.5	11.5	37.8				タカネヨモギ					98.7	22.9	22.7		
タカネヒゴタイ	3.5	3.3	23.1		6.1	9.4	ミヤマキノキリンソウ	10.8	25.5	15.5	7.7	12.3		24.5		4.1
タカネヨモギ				41.1			ホソバリアカブト	33.8	3.5	23.1					34.2	
オヤマリンドウ		7.7		23.2		8.9	ミヤマセンキュウ	28.9		6.1	4.9	21.3	7.7	9.2	6.1	
スズメノカタビラ			7.3	7	24.9		タカネスズメノヒエ	26.8	9.7	9	7.9	9.7	16.1			
ミヤマキンボウゲ			18.4	11		7.1	ミヤマカラマツ	20.8	22.3	17.7	10.5					7.6
ミヤマセンキュウ		3.3	12.7	8.3		5.4	ミヤマシウド		12.4		16	13.6	4.5	2.8	15.1	9.4
ミヤマアキノキリンソウ	3.5	5		5.6		10.6	ミヤマアワガエリ					24		42.7		
ミヤマカラマツ		9	10.8		3.9		タカネヒゴタイ	7.8	4.3	5.8	3.5			9.8	4.1	18.2
イブキノモソモ			22.8				センジョウアザミ			7			10.2		8.7	25.1
シナノキンバイ	3.3	8.8	3.8		6.4		ムカゴトラノオ	19.1							30.8	
ハクサンフウロ				7	5.1	8.9	オヤマリンドウ				7	7.1	8.9	13.7		
タカネスズメノヒエ		2.7	2.4		6.4	7.1	キンスゲ	7.7	4.2				5.9	8.9	6.2	
ダケカンバ		8.4	2.4			5.4	ハクサンフウロ					10.9	7	13.7		
クルマユリ	2.2	3.3	5.3		3.2		ヨツパシオガマ				26.5					
ミヤマシウド	4.3				2	7.1	モミジカラマツ								16.7	
センジョウアザミ	8.3	3.3					ヒメスゲ			7.3	9.2					
キンスゲ		6.5			3.2		ミヤマコウゾリナ	15.1								
クロクモソウ	7.5						マイヅルソウ	4.1	2.8		5.6					
シナノオトギリ						7.1	シナノキンバイ		4.2	3.1				4.6		
コガネイチゴ					3.9		コメススキ				11.1					
オククルマムグラ					3.9		ダケカンバ				2.2		3.3	5.4		
チゴユリ			1.7		2		ヒメクワガタ				10.3					
マイヅルソウ					2		スズメノカタビラ							9.2		
シダ sp.					2		クロユリ	9.1								
							ミヤマハタザオ			9.1						
							ホザキイチヨウラン			7.3						
							トモエシオガマ		6.9							
							シダ sp.						3.3		3.4	
							クルマユリ				5.6					
							チゴユリ				2.2				2.8	
							ミヤマタンポポ									4.1
							タケシマラン				2.2					
種数	13	16	17	12	18	16	種数	16	14	15	21	15	16	19	15	12
優占度合計	320.9	235.8	382.4	273.5	193.2	302.9	優占度合計	386.5	271.9	298.8	387.3	358.7	348.6	475.1	361.2	243.5
多様度指数 (H')	1.93	2.05	2.42	2.14	1.92	2.39	多様度指数 (H')	2.41	2.09	2.2	2.5	2.29	2.36	2.58	2.26	2.01

また、種多様度も柵内外とも設置後の年数が経過するにつれて、やや増加したが、各年とも優占上位のマルバダケブキ、ヒゲノガリヤス、タカネヨモギの存在量が非常に多いため(図6)、種の均等度が極めて低く、種多様性の観点からバランスが非常に悪い状態と考えられた。出現種数が最も多かったコドラートはF4の22種で、ダケカンバ林床のコドラートでは唯一マルバダケブキ以外の草種(ヒゲノガリヤス)が優占していた。マルバダケブキは大型の葉を群落内に展開し、草高が100cm前後に達するため(図5, 図7)、マルバダケブキが優占化すると群落内に光が入りにくくなる。シカの食害を長年にわたって受けていた高山植物は、ロゼット状に矮小化しており¹⁵⁾、マルバダケブキの優占化が他草種の回復を妨げている可能性がある。シカの影響を排除した柵内において、極端に優占する草種が種多様性

を低くすることがすでに指摘されており¹⁾、光をめぐる群落内の種間競争や、成長の遅い種や被陰耐性の低い種が淘汰される可能性もある²⁾。マルバダケブキが群落下部に残存する他草種にどのような影響を与えるかについてはほとんど知見がない。一般的に高山植物は、光合成によって得た余剰生産物を貯蔵物質として多量に地下部に貯蔵しており、地上部の初期成長および再生産の時期には、地下部の貯蔵物質に大きく依存しているため¹⁴⁾、マルバダケブキも地下部に蓄えられた栄養を利用して地上部を急速に回復させたと考えられる。マルバダケブキの群落構造、成長特性、繁殖特性や発芽特性など基本的な生態に関する情報も不足しているため、マルバダケブキの種生態学的研究の展開も重要であろう。

マルバダケブキやヒゲノガリヤスはシカの採食や踏みつけなど攪乱を受けた南アルプスの高山帯の環

表4. 柵設置2年後(2010年)の柵内外の各コドラートに出現した全草種の積算優占度(SDR₂)。各コドラートの出現種数優占度の合計値多様度指数は表の下段に示した。

2010年	柵外						柵内									
	コドラート番号						コポラート番号									
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	
種名	SDR ₂						種名	SDR ₂								
マルバダケブキ	100	100	100	9.3	100	75	マルバダケブキ	98.6	100	100	55.9	28.8	12.1	100	100	
ヒゲノガリヤス	20.1	51.1	82.5	44.2	13.9	34.5	ヒゲノガリヤス	72.9	60.7	22	97.7	18.4	34.1	100	34.4	
バイケイソウ	52.6		53	58.3		8.2	タカネスイバ	50.8	43.6	38.5	46.7	52	54.1	23.4	8.5	
キバナノコマノツメ	16.8	24.9	52.6	9.2	11.7	53.8	バイケイソウ				45	63	72.9	53.3	32.8	
ミヤマセンキュウ		4.4	49	10.9	5.8	30	キバナノコマノツメ	33.7	27.9	35.6	7.6	3.7	53	15	55.1	
タカネヨモギ				90.2			ミヤマキンボウゲ	11		19	28.3	11.9	31.4	63.3	32.4	
タカネスイバ	7.9	4.4	41.6	13.8	7.9	5.6	タカネヨモギ					99.4	57.1	34.7	9.8	
オヤマリンドウ		13.1	13.3	35		10.8	ミヤマセンキュウ	23.2		22	23.1	19	31.4	13.4	20.4	
ミヤマキンボウゲ			24.8	38		8.2	ミヤマアキノキリンソウ	28.8	29.3	26.9	35.1	4.3	10.1	15.1	12.9	
ホソバトリカブト	2.6	5.5	53				タカネヒゴタイ	23.2	12.9	20.3	25.2			30.3	12.4	
ヒメスゲ				57.6	1.8		ミヤマシシウド		19.3		25.4	7.5	14.3	18.4	6.7	
タカネヒゴタイ	4.1	23.7	17		3.6	8.2	ミヤマカラマツ	26	35.7	15.7	20.6			10.1		
ミヤマアキノキリンソウ	2.6	2.3	6.8	27.4	2.3	5.6	センジョウアザミ				17.1	19.6	34.3		10.1	
スズメノカタビラ				15.3		29.2	ホソバトリカブト	42.1	12.2	32.3					12.7	
ハクサンフウロ		2.8		23.2	1	13.3	オヤマリンドウ				12.4	17.9	21.4	45.7		
タカネスズメノヒエ		2.8	19.6			17.7	タカネスズメノヒエ	8.4	4.4		10.4	10.4	20.1	17		
イブキソモソモ			39.3				ハクサンフウロ					10.5	15.9	32.3	8.7	
シナノキンバイ	10.9	8.1	10.1		5.3		ムカゴトラノオ	22.4							37.3	
ミヤマヌカボ				33.5			ダケカンバ	2.8	7.2	4.9	6.2		10.1	15.7	4.7	
ミヤマシシウド	3.6	1.7	12.7		5.5	8.2	キンスゲ	17.8	7.9				15.9	4.7	3.9	
ミヤマカラマツ		11	11.4			6.9	ヨツバシオガマ				30.1					
モミジカラマツ	7.6					12	シナノキンバイ		7.9	4.9				16.7		
ダケカンバ		7.2	3.6			4.3	モミジカラマツ				19.6				7.8	
チゴユリ			5.5		1.4	5.6	シダ sp.					13.1			7	
シダ sp.				7.7	4		コメススキ			19.5						
コメススキ	11.1						ミヤマハタザオ	19								
センジョウアザミ	4.4	4.4					ミヤマアワガエリ				17.1					
クルマユリ	1.6	1.7	3.6		1.4		ホザキイチウラン		10.8	2.9					2.8	
シナノオトギリ						6.9	マイヅルソウ	4.1	3.6		7.6					
シラビソ		6.6					ヒメスゲ				8.5	5				
ホザキイチウラン			5.9				クルマユリ				8.2	2.4				
クロクモソウ	5.6						ネバリノギラン		10.1							
キンスゲ		2.8			2.7		タケシマラン		4.4		2.4					
マイヅルソウ		2.3			3.2		チゴユリ				5.8					
コガネイチゴ					3.6		トモエシオガマ		5.8							
オククルマムグラ					2.7		イブキソモソモ						5.1			
							クロユリ	3.5								
							ミヤマタンポポ								3.4	
							シナノオトギリ			2						
種数	15	20	20	15	18	19	種数	17	18	17	22	15	18	18	17	11
優占度合計	251.5	280.8	605.3	473.6	177.8	344.0	優占度合計	488.3	403.7	380.8	532.0	383.5	506.4	546.4	367.4	253.6
多様度指数 (H')	1.97	2.21	2.62	2.47	1.82	2.55	多様度指数 (H')	2.5	2.44	2.45	2.74	2.32	2.68	2.65	2.39	1.94

境で植被率をごく短期間に回復させ、高い優占度を示した。急傾斜地で気温が低く、日照時間が限られる高山環境で植被率を回復できる草種は、土壌保全の観点からは重要な植物で、表土や地下組織、シードバンク保全の観点から、優占草種が二次遷移の過程でどのように変化するか、長期モニタリングを行なっていく必要がある。

謝 辞

本研究は南アルプス食害対策協議会(南信森林管理署・長野県・飯田市・伊那市・富士見町・大鹿村・信州大学農学部)の植物研究チームの活動の成果に基づくものである。伊那市の富山裕一氏を始め、自然保護助成基金の目代邦康氏、環境省の曾宮和夫氏、宮澤泰子氏、南信森林管理局の職員の方々、信

州大学の学生を含むボランティアの方には南アルプス馬の背ヒュッテ周辺の防鹿柵設置に協力いただいた。自然環境センターの千葉かおり氏を始め、森林技術協会の皆様には現地調査の補助と助言をいただいた。馬の背ヒュッテ管理人川端健一郎氏、藪沢小屋管理人津山篤氏には、シカ目撃情報の提供、過去の植生に関する情報提供をいただいた。ここに記して厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 1) 合田 裕・高柳 敦. 2008. シカの利用頻度が草本群落に及ぼす影響. 森林研究. 77:35-41.
- 2) 石川 麻代・高柳 敦. 2008. 異なる光環境下における草本群落に対する防鹿柵の影響. 森林研究. 77:25-34.

- 3) Ito H and Hino T. 2004. Effects of deer, mice and dwarf bamboo on the emergence, survival and growth of *Abies homolepis* (Piceaceae) seedlings. *Ecological Research*. 19: 217-223.
- 4) 鶴飼一博. 2010. 植生学会シンポジウム「日本の自然林へのシカの影響を考える」南アルプスお花畑における防鹿柵の設置. 植生情報. 第14号: 21-27.
- 5) 加藤健一・大野啓一・長谷川裕彦・鶴飼一博・増沢武弘. 2007. 南アルプス中部地域の高山植生「南アルプスの自然」(増沢武弘編著). 静岡県環境森林部自然保護室. pp. 49-68.
- 6) Kawada, K., Alexandra G. V., Olga V. F., M. Araki, T. Nakamura and Ichiroku Hayashi. 2005. Floristic composition and plant biomass production of steppe communities in the vicinity of Khar-kiv, Ukraine. *Grassland Science*. 51: 205-213.
- 7) Kumar, S, Takeda, A, Shibata, E. 2006. Effects of 13-year fencing on browsing by sika deer on seedlings on Mt. Ohdaigahara, central Japan. *J For Res*. 11: 337-342.
- 8) 自然環境研究センター. 2009. 南アルプス国立公園高山植物保全対策検討業務報告書. 環境省自然環境局.
- 9) 植生学会企画委員会. 2011. ニホンジカによる日本の植生への影響—シカ影響アンケート調査(2009~2010)結果—. 植生情報. 第15号: 9-30.
- 10) 高槻成紀. 2000. シカがおよぼす生態的影響. *生物科学*. 52: 29-36.
- 11) 田村淳・入野彰夫・山根正伸・勝山輝男. 2005. 丹沢山地における植生保護柵による希少植物のシカ採食からの保護効果. *保全生態学研究*. 10: 11-17.
- 12) 田村淳. 2007. ニホンジカの採食圧を受けてきた冷温帯自然林における採食圧排除後10年間の下層植生の変化. *森林立地学会誌*. 49(2): 103-110.
- 13) 田村淳. 2008. ニホンジカによるスズダケ退行地において植生保護柵が高木性樹木の更新に及ぼす効果—植生保護柵設置後7年目の結果から—. *日本森林学会誌*. 90(3): 158-165.
- 14) 増沢武弘. 1997. 高山植物の生態学. 東京大学出版会. pp33-108.
- 15) 元島清人・小池芳正ほか. 2007. 平成18年度南アルプス保護林におけるシカ被害調査報告書. 林野庁中部森林管理局, 長野.
- 16) 元島清人・小池芳正ほか. 2008. 平成19年度南アルプス保護林におけるシカ被害調査報告書. 林野庁中部森林管理局, 長野.
- 17) 元島清人. 2010. 植生学会シンポジウム「日本の自然林へのシカの影響を考える」南アルプスにおけるシカ被害. 植生情報. 第14号: 13-17.
- 18) 山脇葉子・丸山直樹・神崎伸夫・小金澤正昭. 2000. 日光国立公園尾瀬特別保護地区におけるニホンジカによる樹木剥皮. *ワイルドライフ・フォーラム*. 6(2): 61-66.
- 19) 奥田和也. 2009. 仙丈ヶ岳における高山植物群落を利用するニホンジカの出没頻度と出没グループサイズ. 信州大学農学部食料生産科学科動物行動管理理学研究室. 2009年度卒業論文.
- 20) 日本草地学会編. 2004. 草地科学実験・調査法. 第9章. 草地植生の組成と構造に関する調査法. (社)畜産技術協会. pp186-191.
- 21) 小林四郎. 1995. 生物群集の多変量解析. 蒼樹書房. pp11-16.

Effect of Sika Deer Fencing on the Recovery of Alpine Vegetation on the Mt. Senjo in Central Japan

Osamu WATANABE, Ryo HIKOSAKA, Hiroko KUSANO and Kenichi TAKEDA

Department of Food Production Science, Faculty of Agriculture Shinshu University

Summary

This study was conducted to determine the effect of recovery measures on the Alpine vegetation in the area of Umanose, Mt. Senjo that had been severely browsed by sika deer. In order to protect the alpine vegetation from browsing, sika deer fencing was constructed under the *Betula ermanii* forest floor and a field of alpine flowers in summer 2008. The alpine plant communities of this area were dominated by *Ligularia dentate*, *Calamagrostis longiseta*, *Veratrum grandiflorum* and *Viola biflora* in the area of the *B. ermanii* forest floor, and dominated by *Artemisia sinanensis* and *V. grandiflorum* in the field of alpine flowers just after the fencing in 2008. One year after the fencing, vegetation cover and summed dominance ratio (SDR₂) of *L. dentate* and *C. longiseta* were drastically increased in the inside of the fenced area, and

A. sinanensis increased in the field of alpine flowers. There was no difference in the species diversity of the stand (H') between outside fence and inside fence, but a significant difference of H' was shown in the fenced plot among in 2008 and in 2010. Alpine plant recovery was shown in the fenced plot, SDR_2 of *Rumex arifolius*, *Ranunculus acris* var. *nipponicus* and *Solidago virgaurea* var. *leiocarpa* were gradually increased after fencing. These results suggest that sika deer fencing was promoted regeneration of shoots and vegetation coverage in this area, whereas the species diversity was affected by the highly abundance of *L. dentate* and *C. longiseta*. Further monitoring is required to determine the optimal alpine vegetation recovery management in this area.

Key words : Sika deer fencing, Alpine vegetation, Mt. Senjyo, *Ligularia dentate*