

## 日光中禅寺湖西岸地域における林床植物の地上部現存量の推定

古澤仁美・佐野哲也(森林総研)

要旨: 日光中禅寺湖西岸地域において、ニホンジカ食物資源量を非破壊的な方法によって把握することを目的として、林床植物の地上部現存量を被度から推定することを検討した。2つの調査地において、シカ柵内外にコードラートを設け、出現した植物種ごとに被度を測定した後に地上部を刈り取り、植物タイプ(木本, シダ, 草本: キク科, キク科以外の広葉草本, グラミノイド)にわけて乾燥重量を測定した。2つの調査地のシカ柵内外のデータをまとめて解析したところ、植物タイプごとの積算被度と地上部現存量のあいだに相対成長関係が認められた。また、植物タイプによっては、相対成長関係の分離が認められた。決定係数は広葉草本で0.5708となった以外は0.8146-0.9876と高かった。これらの結果から、広葉草本以外は植物タイプごとに積算被度を用いて地上部現存量を推定できると考えられた。

キーワード: 相対成長式, 地上部現存量, ニホンジカ, 被度, 林床植物

**Abstract:** We attempted to estimate the aboveground biomass of forest floor plants with plant coverage in order to describe the food resources of sika deer using a non-destructive method at the west of Lake Chuzenji in Nikko, Tochigi. We observed the coverage of individual plant species on the forest floor in quadrats inside and outside the deer enclosure at two experimental sites. Subsequently, we clipped the aboveground parts of the plants with shears at ground level, and divided them into five vegetation types (trees, ferns, herbaceous plants: Asteraceae, the other forbs, and graminoids), and measured the dry weights. The allometric relationship between the cumulative coverage and the aboveground biomass was observed in each vegetation type, when all the data for inside and outside the enclosure for all sites had been collectively considered. Moreover, the allometric equations differed significantly among the vegetation types, with the correlation coefficient ranging from 0.8146 to 0.9876 except the other forbs (0.5708). These results suggest that aboveground biomass could be estimated by cumulative coverage for each vegetation type, except the other forbs.

**Keywords:** allometric relationship, aboveground biomass, coverage, deer, forest floor plants

## I はじめに

食物資源量は有蹄類の個体数を規定する主要な要因の1つである。様々な有蹄類で、高密度の場合、あるいは栄養状態が悪い場合に妊娠率の低下や幼獣の死亡率の増加が認められている(2,10)。ニホンジカ(*Cervus nippon centralis* Temminck)においても、個体数増加率は密度と負の相関があること、1歳メスの妊娠率は栄養状態の良劣で異なることが認められている(11)。これらの知見から、ニホンジカの個体数増加速度は食物資源量に影響されると考えられる。そこで、食物資源量の管理を通して個体数を調整する考え方も提案されている(3)。ニホンジカの影響を受けている生態系において、どこにどのくらい食物資源があるかを知ることは、生態系管理のための基礎的知見といえる。

栃木県奥日光地域では1980年代からニホンジカの密度が増加した。近年は個体数管理によって平均個体数密度が10頭/km<sup>2</sup>以下に抑えられているものの(13)、今後も継続的に個体数を管理する必要がある。特に、中禅寺湖西岸地域では個体数密度は11-13頭/km<sup>2</sup>と奥日光の他の地域に比べて高い(小金澤, 私信)。この地域の森林では、採食により低木層が存在せず、林床に不嗜好性草本が優占している。低木層がないことから、林床植生がニホンジカの食物資源として重要であると考えられる。一方、シカ排除柵を設置して10年ほど経過した場合には、低木層形成が観察されており、林床植物の種組成も変化していると予想される。こうした種組成変化に伴う食物資源量の変化も評価に加える必要がある。

林床植生の食物資源量を評価するにあたり、まず地上部

Hitomi FURUSAWA, and Tetsuya SANO ( For. and Forest Prod. Res. Inst., Ibaraki 305-8687) Estimations of the aboveground biomass of plants on the forest floor at the west of Lake Chuzenji in Nikko, Tochigi

現存量を明らかにする必要がある。地上部現存量の測定には、植物の地上部を刈り取って重量を測定する方法が一般に用いられる。しかし、中禅寺湖西岸地域は国立公園の特別地域や保安林に指定されている。この地域では植物採取にあたって許可申請が必要であるし、植物を刈り取って採取するといった攪乱は必要最小限にすることが望ましい。日光地域では、植物の被度を体積近似値とみなしてニホンジカの個体数密度が被度に及ぼす影響を検討した報告がある(5)。また、北海道の知床半島では、小型草本の被度と地上部現存量の間に相関が認められ、回帰式が地上部現存量推定に用いられている(9)。被度から地上部現存量を推定するのは、非破壊かつ簡便であり、攪乱を避けるべき地域において有効と考えられる。

そこで本研究では、中禅寺湖西岸地域で林床植物の地上部現存量を推定するために、被度と地上部現存量の相対成長関係(アロメトリー)を解析し、この地域で利用できる相対成長式を求めることを目的とした。

## II 調査地の概況および調査方法

栃木県日光市の中禅寺湖西岸地域において調査を行った。調査地を千手ヶ原(北緯 36° 44'57", 東経 139° 25'2", 標高 1260m)および西ノ湖(北緯 36° 44'44", 東経 139° 24'4", 標高 1290m)に設置した。日光特別地域気象観測所における2010年の年降水量は2190.5mm, 年平均気温 7.5°Cであった。調査地近傍(外山沢)の土壌型は未熟土壌(Im)(12)である。植生は両調査地ともハルニレ(*Ulmus davidiana* var. *japonica*)が優占する落葉広葉樹林で(6), 林床には不嗜好性草本のシロヨメナ(*Aster ageratoide s ssp. leiophyllus*)やキオン(*Senecio nemorensis*)が優占する。

両調査地において、日光森林管理署が2000年頃に設置したシカ排除柵の内と外に調査地点を設定した(千手ヶ原:n=6, 西ノ湖:n=8, 全部で n=28)。各地点において1m×1mのコードラートをとり、林床植物について出現種ごとに被度(%)を測定した。被度については5%までは+(1%未満), 1, 2, 3, 4%と1%単位で記載し, 5%以上は5%単位で記載した。そのあとコードラート内の全ての植物を刈り取って持ち帰り, 植物タイプ(木本, シダ, 草本:キク科(シロヨメナとキオン), シロヨメナとキオン以外の広葉草本, グラミノイド(イネ科, カヤツリグサ科, イグサ科))にわけて, それぞれの乾燥重量を測定した(70°C, 60 時間)。コードラートごとに出現種の被度を植物タイプごとに積算して積算被度とした(被度が+の場合は, 便宜的に0.1とした)。

植物タイプごとに積算被度と乾燥重量との相関解析を行ない, 共分散分析で回帰式の傾きの違いを検定した(R,

version 2.13.1(7)。共分散分析のプログラムについては, 青木繁伸氏のホームページに記載されたものを利用した(1)。

## III 結果

地域やシカ柵内外の植物種組成の違いを検討するため, 各出現種について, その種が出現した全コードラートにおける被度を合計した値を計算した。この合計値の上位3種を地域ごとに挙げると, 千手ヶ原においては, シカ柵内ではイタドリ(*Fallopia japonica*), ハンショウヅル(*Clematis japonica*), シダ sp で, シカ柵外ではシロヨメナ, ヤマカモジグサ(*Brachypodium sylvaticum*), キオンであった。西ノ湖においては, シカ柵内ではノリウツギ(*Hydrangea paniculata*), クマイチゴ(*Rubus crataegifolius*), サワグルミ(*Pterocarya rhoifolia* Sieb. et Zucc.)で, シカ柵外ではシロヨメナ, チドメグサ(*Hydrocotyle sibthorpioides*), イケマ(*Cynanchum caudatum*)であった。

各調査地のシダ以外の各植物タイプにおいて, シカ柵内外でそれぞれ積算被度と地上部現存量の相関をとった(図-1)。シダは出現したプロット数が少ないため解析できなかった。いずれの調査地でも解析した全ての植物タイプで積算被度と地上部現存量には相対成長式があてはまった。両調査地とも, シカ柵内では柵外に比べてキクの被度と地上部現存量が小さい傾向にあった。千手ヶ原ではシカ柵内でグラミノイドの被度と地上部現存量も小さく, 西ノ湖ではシカ柵内にグラミノイドは出現しなかった。一方, 両調査地とも, シカ柵内では柵外に比べて木本の被度と地上部現存量が大きい傾向が認められた。

シカ柵を共変量として, 植物タイプごとに有意確率を検定したところ, グラミノイドについては, 千手ヶ原のシカ柵内外で相対成長関係の分離は認められなかった。キクと木本ではいずれもシカ柵内外で相対成長関係の分離は認められなかった。したがって, これ以降シカ柵内外のデータはまとめて解析することとした。一方, 広葉草本では千手ヶ原のシカ柵内外で相対成長関係の分離が認められたが( $P<0.001$ ), 西ノ湖では有意な違いはなかった。相対成長関係の分離が認められたことから広葉草本でシカ柵内外のデータをまとめて解析を行うのは不適切である可能性があるが, ここでは便宜的に広葉草本でもデータをまとめた解析を行うこととした。

次に, 各植物タイプにおいて, 積算被度と地上部現存量の関係について調査地間の比較を行ったところ, 両調査地で大きな違いは認められなかったことから(図は示さない), 2つの調査地のデータをまとめて解析することとした。両調査地, シカ柵内外のデータをまとめて解析した結果,

図-2, 表-1に示すような相対成長式が得られた。植物タイプを共変量として有意確率を検定したところ, 植物タイプ間で相対成長関係の分離が認められた( $P < 0.00028$ )。広葉草本以外は決定係数  $r^2$  が 0.8146~0.9876 と高かったが, 広葉草本では決定係数  $r^2$  が 0.5708 と他の植物タイプより低かった。

#### IV 考察

シカ柵外ではキク(シロヨメナとキオン)が優占している一方, シカ柵内では木本の優占度や被度が高まっていることが認められ, シカ柵の設置が林床の植物種組成に変化をもたらしていることが示唆された。

広葉草本以外の植物タイプではシカ柵内外で相対成長関係の分離は認められなかった。広葉草本でも千手ヶ原で相対成長関係の分離はあったものの, 西ノ湖では分離しておらず, 結果が一貫していなかった。このことから, 被度と地上部現存量間の相対成長関係においては, 採食の有無の影響は小さいと考えられた。

両調査地のシカ柵内外のデータをまとめて解析した場合には, 広葉草本以外の植物タイプについては, 積算被度と地上部現存量の相対成長式の決定係数が高かった。したがって, 被度から地上部現存量を推定することが可能であると示唆された。植物タイプ間で相対成長式の傾きに有意な違いが認められたことから, 植物タイプごとの相対成長式を用いて地上部現存量を推定することが必要と考えられた。植物タイプごとに地上部現存量を推定することには, ニホンジカがほとんど採食しないといわれるキク科の植物を除外して, より正確に食物資源量を推定できる利点もある。本研究で得られた相対成長式は中禅寺湖西岸地域で適用できると考えられ, それ以外の地域で適用できるかどうかは今後検討する必要があると考えられる。

広葉草本では, 決定係数の低いことから被度のみで地上部現存量を推定することが難しいと考えられた。広葉草本は被度が高くても植物高が低い種や, 被度が小さくても植物高が高い種があるなど, 形態や生活様式の多様性が他の植物タイプより大きい可能性がある。草地生態系では, 草本の地上部現存量を被度と高さで推定することが行なわれている(4, 8)。今後, 広葉草本については地上部現存量推定の精度を上げるために, 被度だけではなく植物高を独立変数として加えて相対成長関係を検討する予定である。

#### 謝辞

本研究の調査にあたり, 環境省日光自然環境事務所および林野庁日光森林管理署にお世話になった。また, 宇

都宮大学の小金澤正昭教授, 森林総合研究所の金指達郎氏, 橋本徹氏, 只見町ブナと川のミュージアムの鈴木和次郎館長に貴重なご助言をいただいた。ここに深く感謝いたします。

本研究は文部科学省科学研究費補助金(課題番号 21580190)の補助および文部科学省科学技術振興調整費女性研究者支援モデル育成事業による支援を受けて行った。

#### 引用文献

- (1)青木繁伸 URL <http://aoki2.si.gunma-u.ac.jp/R/covar-test.html>. 閲覧日:2011年8月10日
- (2) GLUTTO N-BROCK, T. H., MAJOR, M., ALBON, S. D., and GUINNESS, F. E. (1987) Development and population dynamics in red deer. I. Density-dependent effects on juvenile survival. *Journal of Animal Ecology* **56**: 53-67.
- (3) 日野輝明・高橋裕史・伊東宏樹(2010)環境収容力にもとづくシカの個体数管理と森林再生。(森林総合研究所編, 森林総合研究所平成 21 年版研究成果選集: 16-17.
- (4) KAWADA, K., VOVK, A.G., FILATOVA, O.V., ARAKI, M., NAKAMURA, T. and HAYASHI, I. (2005) Floristic composition and plant biomass production of steppe communities in the vicinity of Kharkiv, Ukraine. *Grassland Science* **51**:205-213.
- (5) 小金澤正昭・佐竹千枝(1996) 奥日光におけるニホンジカの植生に及ぼす影響と生態系の保護管理. 第5回プロ・ナトゥーラ・ファンド助成成果報告書: 57-66.
- (6) NOMIYA, H., SUZUKI, W., KANAZASHI, T., SHIBATA, M., TANAKA, H. and NAKASHIZUKA, T. (2002) The response of forest floor vegetation and tree regeneration to deer exclusion and disturbance in a riparian deciduous forest, central Japan. *Plant Ecol.* **164**: 263-276.
- (7) R Development Core Team (2011). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.
- (8) 嶋田 (1973) 生産量の推定方法. (草地の生態学, 沼田真監修, 287pp., 築地書館, 東京) .
- (9) 知床財団(2010)平成 21 (2009) 年度グリーンワーカー事業(知床半島におけるエゾシカの植生への影響調査業務) 報告書. 88pp., 財団法人知床財団
- (10) SKOGLAND, T. (1989) Natural selection of wild reindeer life history traits by food limitation and predation. *Oikos* **55**: 101-110.

- (11) 高槻成紀(2006)シカの生態誌. 480pp., 東京大学出版会, 東京
- (12) 谷川東子・高橋正通・野口享太郎・重永英年・長倉淳子・酒井寿夫・石塚和裕・赤間亮夫(2009)奥日光の森林衰退地域の樹木生葉と土壌の養分特性-他の亜高山地域との比較から-.環境科学会誌 22: 401-414.
- (13) 栃木県(2007) 栃木県シカ保護管理計画(四期計画). 37pp, 栃木県

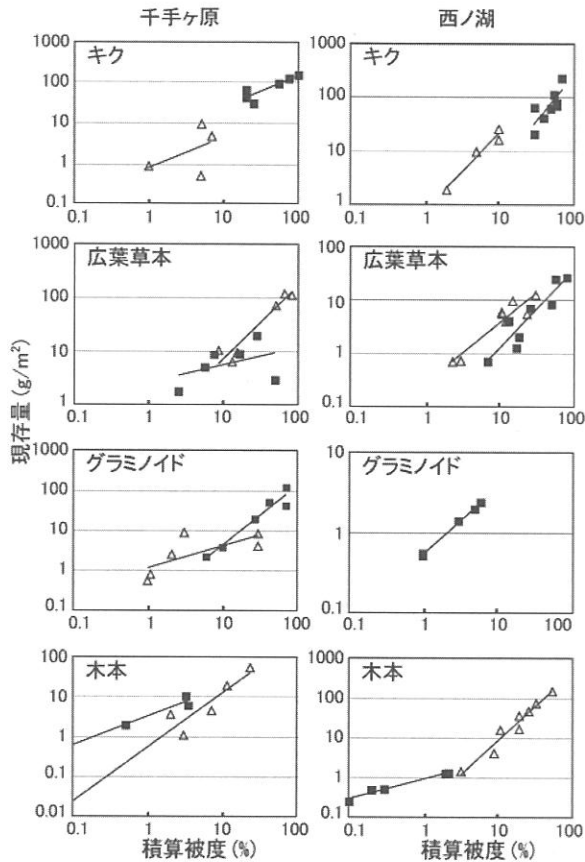


図-1. 各植物タイプにおけるシカ柵内外の相対成長関係  
△柵内, ■:柵外  
Fig.1 The allometric relationship between cumulative coverage and the aboveground biomass for each vegetation type, inside and outside the enclosure at each experimental site. △inside, ■: outside the enclosure

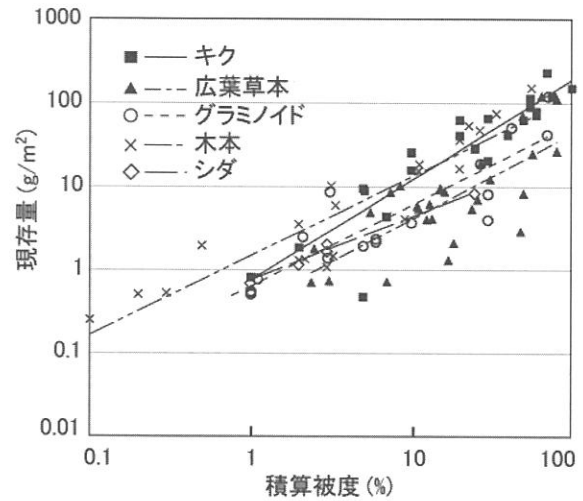


図-2. 調査地およびシカ柵内外のデータをまとめた場合の相対成長関係(各植物タイプの相対成長式は表1に示す)

Fig.2 The allometric relationship between cumulative coverage and the aboveground biomass for each vegetation type when all the data for inside and outside the enclosure in all sites were considered collectively.

表-1. 調査地およびシカ柵内外のデータをまとめた場合の各植物タイプにおける相対成長関係式の概要

Table 1 Constants, correlation coefficient, sample size (n), and p-value of the allometric equation for each vegetation type when all the data for inside and outside the enclosure in all sites were considered collectively.

	定数 a	定数 b	r <sup>2</sup>	n	p
キク	0.7117	1.2072	0.8333	22	< 0.0001
広葉草本	0.3685	1.0316	0.5708	28	< 0.0001
グラミノイド	0.6100	0.9798	0.8146	17	< 0.0001
木本	1.4468	0.9499	0.8470	21	< 0.0001
シダ	0.7130	0.7724	0.9876	5	0.0006

相対成長式  $Y=aX^b$ , Y:地上部現存量(g/m<sup>2</sup>), X:積算被度(%)