

第 5 節 土壤動物と菌類

I 丹沢山地におけるシカによる環境変化が土壤動物群集へ及ぼす影響

伊藤雅道¹⁾・辰田秀幸¹⁾・尾崎泰哉¹⁾

Effect of Shika-deer on Soil Fauna in the Tanzawa Mountains

Masamichi T. Ito, Hideyuki Tatsuta & Hiroya Osaki

要 約

丹沢山地においてシカによって引き起こされた環境変化が土壤動物群集にどのような影響を与えているかを明らかにした。シカが高密度で生息し、植生の衰退が顕著な調査地として東丹沢モニタリングエリア内の高標高ブナ天然林の堂平地区と低標高スギ人工林の女郎小屋沢、シカの密度はさほど高くはなく、林床植生が健全に保たれている調査地として西丹沢モニタリングエリア内の高標高ブナ天然林のイデン沢と低標高スギ人工林の地蔵平の計 4 地点を選び、土壤動物群集を比較した。また、シカ影響が停止した時の群集の回復過程を推定するために堂平地区に神奈川県により設置された植生保護柵内での調査も実施した。その結果シカの影響は主に高標高のブナ天然林域で顕著に見られ、低標高のスギ人工林ではあまり顕著ではなかった。影響が顕著であったブナ天然林ではミズなどの大型土壤動物に関しては密度への影響は少なかったが、組成には大きな影響が見られた。中型土壤動物のササラダニ群集には密度、組成ともに大きな影響が見られた。要因として最も重要なのは表層リターの堆積量であることが示唆された。植生保護柵は一定期間以上維持されれば土壤動物群集の回復に効果があることが示された。

1. はじめに

丹沢山地での土壤動物のこれまでの研究例は過去 2 回の神奈川県主催の総合調査の報告書 (青木, 1964; 足立・大野, 1964; 青木ほか, 1997) に集約される。第 1 回目の調査は基礎的な動物相調査であったが、第 2 回目の調査ではすでにシカの過密生息による植生衰退と土壤動物群集との関係が着目され、シカの高密度生息地である堂平地区における中型土壤動物の極端に低い密度と種多様性について報告されている。また、この時は調査開始時に設置したシカ柵内部の土壤動物群集の 3 年間の変化についても調査され、3 年間では柵の内外で統計的に有意な差異はなかったことが報告されている。

今回の調査開始時 (2004 年 4 月) の時点でも堂平地区でのシカ密度の大きな減少や植生の回復は見られず、土壤流出も引き続き進行しているようであった。そこで、今回の調査ではシカによって引き起こされた植生衰退が土壤動物にどのような影響を与えているかについて焦点を絞って調査を行い、丹沢の土壤動物の生物多様性の危機的な状況を解明することに努めた。今回の調査の特徴としては 1) シカの生息が少なく、林床のササ群落が健全に保たれている西丹沢世附川流域 (イデン沢) を調査し、比較することによってシカ高密度地域のシカの影響の程度を具体的に把握することを目指したこと、2) 調査項目に生態系に大きな影響力を持った大型ミズ類を加えたこと、3) 神奈川県が設置した植生保護柵の内部で調査を行い 8 年間シカの影響を除去した場合の群集の回復についての資料を得られたこと、などが挙げられる。

2. 方法

(1) 調査サイト設計

丹沢大山総合調査団の生き物再生チームで独自に設定した東丹沢及び西丹沢の両モニタリングエリアにおいて土

壤動物グループ独自の調査地を設定した。東丹沢モニタリングエリアはシカ密度が平方キロメートル当たり 30 ~ 50 頭に達し、顕著に植生衰退、土壤流出が見られる地域である。シカ激害地として有名な堂平地区もこの中に含まれる。一方、西丹沢モニタリングエリアは世附川上流域にあたり、シカ密度は平方キロメートル当たり 3 ~ 5 頭と低く、人の背丈を超えるようなササ群落が豊富に見られる。この両地域で高標高のブナ天然林のサイトと低標高のスギ人工林のサイトを設置し、シカ密度 (高低) と標高 (高低) を組み合わせた 4 つのマトリクスサイトを設定し (表 1)、土壤動物の群集調査を行なった。また、堂平地区では神奈川県によって建設された植生保護柵 (8 年経過) の内部でも調査を行なった。

表 1. 調査サイトの設計

	シカ低密度 (3~5 頭/km ²)	シカ高密度 (30~50 頭/km ²)
高標高 (ブナ天然林)	シカ低密度・高標高区 イデン沢 (1,050 m)	シカ高密度・高標高区 堂平 (1,100~1,200m)
低標高 (スギ人工林)	シカ低密度・低標高区 地蔵平 (650 m)	シカ高密度・低標高区 女郎小屋沢 (650 m)

(2) 調査方法

A. 大型ミズ群集

上記 4 サイトで 2004 年 8 月 ~ 2005 年 7 月の 1 年間にわたって月毎にミズ群集を調査した。ミズ採集は 50cm 四方、深さ 20cm の土壤サンプルを現地ですーティングした。繰り返し数は原則として 10 であった。また、堂平の植生保護柵内外の調査は同様の方法で 2005 年 7 月に 1 回実施した。採集したミズ類は研究室に生きたまま持ち帰り、麻酔を施した後でガラス棒に挟んで FAA 固定液で固定し、ホルマリン溶液中で保存した。そして、実体顕微鏡を用いて解剖をして種まで同定し、同時にバイオマス (湿重) を測定した。

B. 大型土壤動物群集

2005 年 6 月 ~ 同年 7 月にかけて上記 4 サイトおよび植

1) 横浜国立大学・大学院環境情報研究院

生保護柵内外で調査を実施した。内径 155mm の塩化ビニル製円筒を用いて土壌サンプルを深さ 20cm まで採取した。繰り返し数は原則として 10 であった。採取したサンプルはただちに研究室に持ち帰って口径 30cm の大型ツルグレン装置にかけて 3 日間放置し動物を抽出した。抽出された動物は 80% エタノール中で保存し、実体顕微鏡下で主要なグループに分類し、個体数を算定した。

C. ササラダニ群集

2005 年 6 ～同年 7 月にかけて上記 4 サイトおよび植生保護柵内外で調査を実施した。100cc の金属製土壌採取用円筒を用いて土壌サンプルを採取し、研究室に持ち帰って口径 15cm の小型ツルグレン装置にかけ、3 日間放置して動物を抽出した。繰り返し数は原則として 10 であった。抽出された動物は 80% エタノール中で保存し、ササラダニ類のみを実体顕微鏡下で選別し、ガムクロラル液を用いて永久プレパラート標本を作製した。その後、光学顕微鏡を用いて種レベルで同定し、個体数を算定した。

D. 環境調査

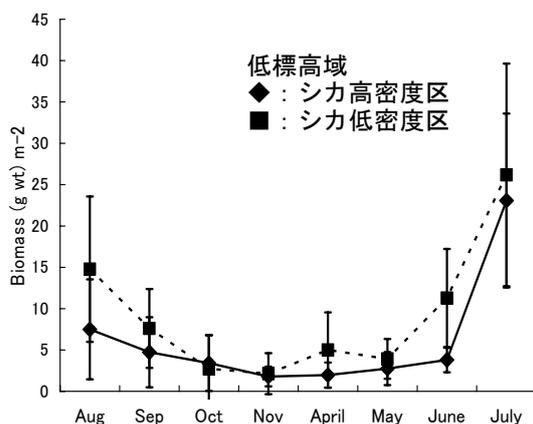
各サイトにて堆積リター量、温度、土壌硬度、リターフォルムなど基礎的な環境条件の測定を行なった。

3. 調査結果

(1) ミミズ群集

シカ高密度・高標高区の堂平とシカ低密度・高標高区のイデン沢でミミズ全体の密度及びバイオマスを比較した結果、8 月、9 月、11 月、4 月は両地域で有意な差が見られなかったが、10 月、5 月、6 月は堂平の方が有意に高い値を示し、どちらかというとな堂平の方が密度、バイオマスともに高くなる傾向が見られたが、さほど顕著な差とは言い難かった (図 1 右図)。シカ高密度・低標高区の女郎小屋沢とシカ低密度・低標高区の地蔵平は有意な差があった調査月が 2 回とさらに少なく、ミミズの生息量にはあまり差がないことが示された (図 1 左図)。

次に、ミミズを種レベルで同定し、表層種と地中種にわけてその出現割合を調べた。表層種と地中種は腸盲嚢という消化器官の形態と関連していることが知られ (石塚, 2001)、解剖によるこの器官の観察により容易に類別が可能である。その結果、シカ高密度・高標高区の堂平とシカ低密度・高標高区のイデン沢では明らかにイデン沢のほうが表層種の割合が大きいことがわかった (図 2)。この傾向は堂平に設置された植生保護柵の内外でも見られ、柵内は柵外に比べて表層種の割合が有意に高かった (図 3)。



一方、シカ高密度・低標高区の女郎小屋沢とシカ低密度・低標高区の地蔵平ではあまり明瞭な差は見られなかった。上記の結果から、さらに表層種の生息に影響を与える要因について解析し、リターの堆積量と表層種の生息密度との間に有意な相関が見られることがわかった (図 4)。

シカ高密度・高標高区の堂平とシカ低密度・高標高区のイデン沢はミミズの出現総種数は 10 種、9 種とほとんど差がなかった。また、シカ高密度・低標高区の女郎小屋沢とシカ低密度・低標高区の地蔵平は 9 種、12 種と地蔵平がやや多かった。多様性指数の値も地点間であまり大きな違いが見られなかった。

各群集間の群集類似度を算出し、クラスター解析をおこなったところ、植生保護柵内とイデン沢の類似度が距離に開きがあるにもかかわらず最も高い値を示し、距離的にはきわめて近い保護柵の内外間の類似度はそれよりも低かった (図 5)。これは植生保護柵の内部はリターが厚く堆積し、これが表層性ミミズの定着を促し、結果としてイデン沢の組成と近似する結果となったと考えられる。

(2) 大型土壌動物群集

抽出された土壌動物全体の密度はダニとトビムシの個体数割合が圧倒的に多く、これらの値に大きく影響されてしまうため、ダニとトビムシの個体数密度を除いた値を大型土壌動物の密度として扱った (図 6)。低標高域の 2 地点はほとんど差がなかった。一方、高標高域はシカ高密度区の堂平の土壌動物密度がきわめて低かった。植生保護柵とシカ低密度区のイデン沢はどちらかというとなイデン沢の値が大きかったが大きな差はなかった。堂平の個体数はイデン沢の 5 分の 1 以下であった。

多様性について検討したところ出現群数は女郎小屋沢 20、地蔵平 19 と低標高域の 2 地点は差がなかった。高標高域は堂平 14、植生保護柵内 20、イデン沢 19 となり、堂平の群数が少なかった。また、ダニ、トビムシを除いて多様性指数を算出したところ堂平の値だけが目立って低くなった (図 7)。また、類似度を算出するとミミズ群集とほぼ同じ結果となり、柵内とイデン沢の値が最も高くなった。総じてダニ、トビムシを除いた大型土壌動物群集のデータの傾向は大型ミミズ類と同様の傾向を示し、高標高域でシカの密度の影響が多様性と類似度に顕著に現れた。

(3) ササラダニ群集

ササラダニ類全体の生息密度は低標高域のスギ人工林ではシカ高密度区のほうがシカ低密度区より大きくなったが、その差はさほど大きな開きはなかった。一方、高標高域の

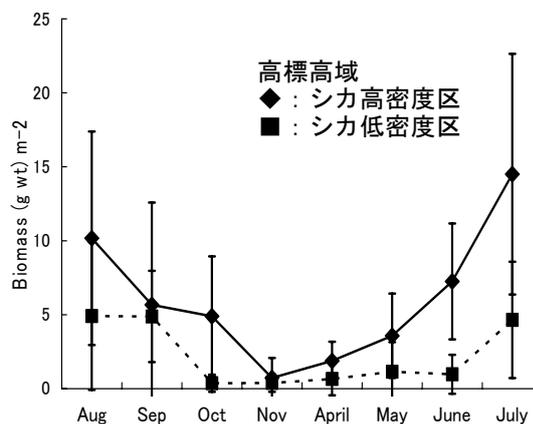


図 1.4 調査サイトにおける大型ミミズ類の生息量

ブナ天然林ではシカ高密度区<植生保護柵内<シカ低密度区となり、シカ高密度区の堂平のササラダニ生息密度はシカ低密度区であるイデン沢の5分の1以下であった(図8)。種数についても個体数とほぼ同じ傾向を示し、女郎小屋沢55, 地蔵平39, 堂平24, 植生保護柵72, イデン

沢91となり、特に高標高域でシカ密度の影響はより顕著であり、堂平のササラダニ種数はイデン沢の4分の1程度であった。植生保護柵の種数は両者の中間であった。多様度指数(森下のβ指数)の値も傾向はほぼ同じで堂平が最も低く、イデン沢が最も高い値となり、植生保護柵の値

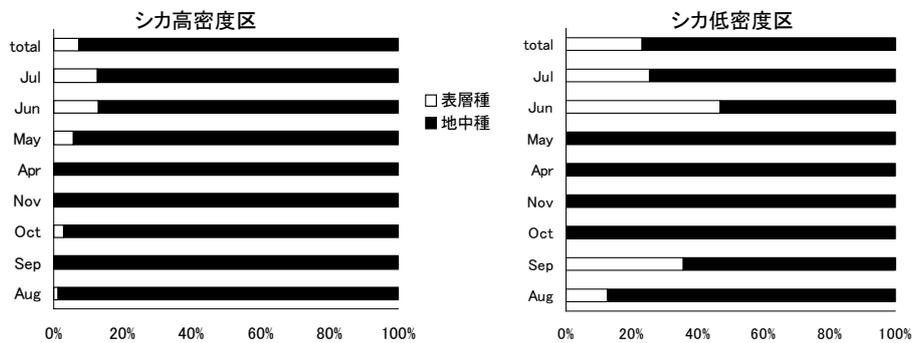


図2. 高標高域の2サイト間の大型ミズ類の生活型組成(固体数)

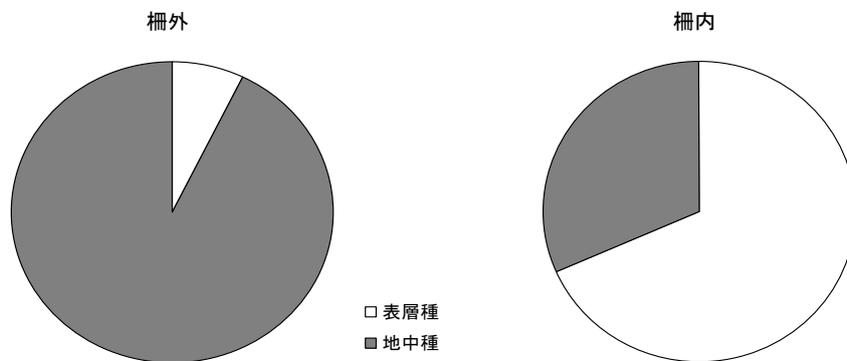


図3. 2005年7月における堂平地区の植生保護柵(調査時点で8年間経過)の内外での大型ミズ類の生活型組成(個体数)の比較

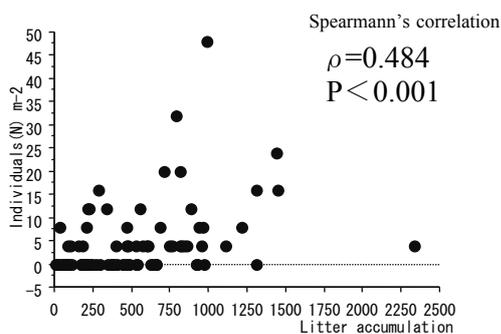


図4. 表層性種の個体数とリター堆積量の関係。有意な相関があった

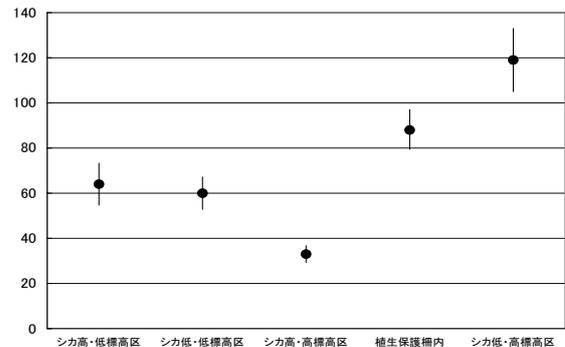


図6. 各調査地点で得られた大型土壌動物の生息密度。数値は採集された実数で示す

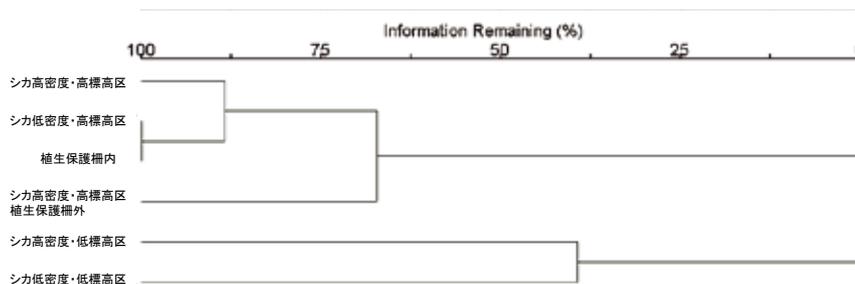


図5. 大型ミズ群集の類似性に基づくクラスター。シカ低密度・高標高区と植生保護柵内の値が地点間の距離が離れているにもかかわらず極めて高い

はその中間であった (図 9)。

4. 結果のまとめと考察

(1) ミミズの生息量はシカ高密度区、低密度区の間では大きな違いはなく、シカ高密度・高標高区の堂平でシカ低密度・高標高のイデン沢と比べむしろやや高い値を示したくらいであるが、表層性、地中性という生活型の組成で見ると、シカ密度の影響が顕著にあらわれ、特に高標高区ではシカ低密度区や植生保護柵内部で表層種の割合が高くなった。表層種の生息密度はリター堆積量と有意であり、リター流失に大きく影響を受けることが示された。ミミズ群集の健全な保持のためにはリター層の維持がきわめて大切であることが示された、といえる。

(2) 大型土壤動物群集は、個体数、多様度ともにイデン沢と植生保護柵内に比べて堂平が目立って低い値を示し、群集構造には大きな変化が生じたことがわかった。この群は生態的に多様な群を含むため、今後食性や生息場所を考慮しながら個別に解析することが必要である、と考えられる。

(3) ササラダニ類は前回の総合調査 (青木ほか, 1997) においても示されているようにシカ高密度・高標高区の堂平の個体数がきわめて低いことがあらためて示され、また、ササラダニ種数も同様に堂平できわめて低い値が示された。ササラダニ類の多くの種はリター層が主な生息場所となるため、リターの流失が直接的に個体数や種数に大きな影響を与えているものと考えられる。大雑把な試算で、堂平はイデン沢と比べて個体数では 5 分の 1、種数では 4 分の 1 程度であり、シカの高密度生息とそれによって引き起こされる植生衰退、土壌流出等の環境変化により、ササラダニ類の生物多様性は半数以上が失われているという結果となった。

(4) 全体として、低標高のスギ人工林ではシカの密度はあまり大きく土壤動物群集に影響を与えていないが、高標高のブナ天然林域になるとシカの高密度生息の影響がきわめて顕著に表れ、シカ高密度区が多様性が減少していることが示された。少なくとも土壤動物群集に関しては高標高のブナ天然林域でより深刻な多様性の変化が起きていると言える。

(5) 東丹沢堂平地区の植生保護柵内部はミミズ、大型土壤動物、ササラダニなどいずれの群集でも距離に近い柵の外部よりも距離が大きく離れた西丹沢のイデン沢と類似度が高いことが示され、また、個体数や多様度などもイデン沢に匹敵する値が得られた。このことから、植生保護柵は土壤動物群集に関する限りにおいてはその回復に一定の効果

が認められた、といえる。ただし、前回の総合調査 (青木ほか, 1997) では 3 年放置した柵内での土壤動物群集の回復は見られず、また、場所は異なるが大台ケ原の同様の研究例 (日野ほか, 2004) でも 4 年目以降でようやく群集の回復が有意に見られたことから、すくなくとも 4 年以上の経過期間が必要であることが示されている。大規模な植生保護柵の設置と効果が持続する維持管理とともに、ブナ天然林域でのシカ密度の大幅な低減を同時に進行することが同地域での生物多様性の回復に必要である。

文献

- 足立綱光・大野正男, 1964. 丹沢山塊の陸棲貧毛類予報. 国立公園協会編, 丹沢大山学術調査報告書, pp.403-407. 神奈川県.
- 青木淳一, 1964. 丹沢山塊のササラダニ類. 国立公園協会編, 丹沢大山学術調査報告書, pp.386-392. 神奈川県.
- 青木淳一・原田洋・高野光男・伊藤雅道・阿部渉・黒住耐二, 1997. 土壤動物から見た丹沢の森林. 神奈川県公園協会・丹沢大山自然環境総合調査団企画委員会編, 丹沢大山自然環境総合調査報告書, pp.268-288. 神奈川県環境部.
- 日野輝明・古澤仁美・伊東宏樹・上田明良・高畑義啓・伊藤雅道, 2003. 大台ケ原における生物間相互作用にもとづく森林生態系管理. 保全生態学研究, 8: 145-158.
- 石塚小太郎, 2001. 日本産フトミズ属 (Genus *Pheretima* s. lat.) の分類学的研究. 成蹊大学一般研究報告, 33 (3): 1-125.

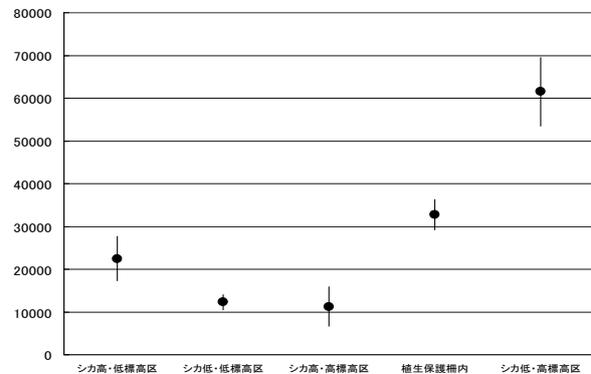


図 8. 各調査地点におけるササラダニ類の生息密度。数値は平方メートル当たりの換算値

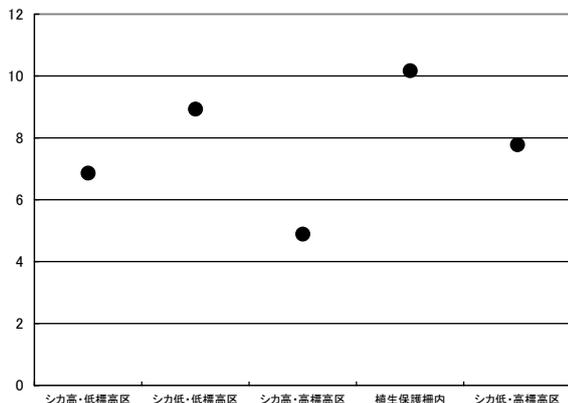


図 7. 各調査地点で得られた大型土壤動物の多様度指数 (森下のβ指数)

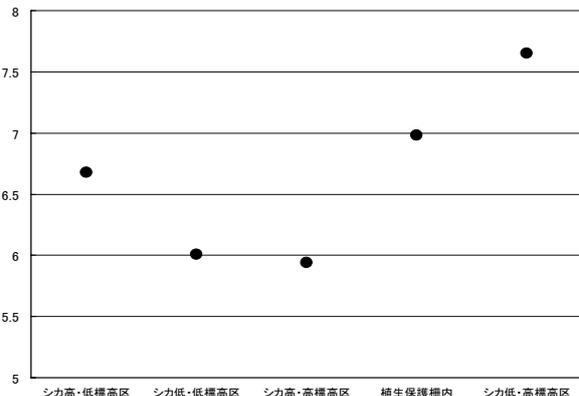


図 9. 各調査地点におけるササラダニ群集の多様度指数 (森下のβ指数)