

東京大学大学院新領域創成科学研究科

環境学研究系自然環境学専攻

生物圏機能学分野

平成 28 年度 修士論文

丹沢山地におけるシカの増加がオサムシ科甲虫に及ぼす間接的影響

Indirect impact of increasing sika deer on carabid beetles in Tanzawa mountains

2017 年 2 月 28 日提出

2016 年度 3 月修了

指導教員 鈴木牧 准教授

47-156615 佐藤司郎

目次

1. 研究の背景と目的	3
2. 調査地と実験区	5
3. 方法	8
3-1. 地表徘徊性昆虫調査	8
3-2. モーションセンサーカメラにシカの利用状況調査	8
3-3. 植生調査	9
3-4. リター量調査	10
3-5. 土壌動物調査	10
3-6. 開空度調査	10
3-7. 統計解析	11
3-7-1. 群集構造の環境傾度解析	11
3-7-2. オサムシ科甲虫優占種解析	11
4. 結果	12
4-1. 各調査地の環境条件とシカの影響	12
4-2. 地表徘徊性甲虫調査結果	14
4-3. 統計解析結果	16
4-3-1. 環境データ間の相関	16
4-3-2. 環境傾度解析	16
4-3-3. 優占種	18
5. 考察	20
5-1. オサムシ科甲虫に影響を与える要因	20
5-2. シカの影響の段階的な進行に対するオサムシ科甲虫群集の反応	21
5-3. 植生保護柵の保全効果	22
6. 謝辞	24
7. 引用文献	26
付表	29

1. 研究の背景と目的

神奈川県北西部に広がる丹沢山地は、自然に恵まれ、古くから人々に価値を提供してきた。明治時代には木材の産地に重要植林地として認定され、戦後には木材の重要産地となった。神奈川県で利用される水の 90%を占める相模川と酒匂川の主要な水源であり、道志村では水源の保護管理のために横浜市と共同で植林が行われるなど、その価値が認知されている（横浜市水道局 HP）。四季折々の自然に恵まれており、春の新緑や秋の紅葉は特に人気が高く、登山客は年間 26~31 万人といわれている（丹沢大山総合調査学術報告書：4 章 5 節）。多様な動植物に恵まれ、その総数は植物 1673 種（勝山他 2007）、哺乳類 45 種（山口 2007）、鳥類 247 種（平田、山口 2007）と言われるなど、多様性に富む生態系を持っている。

このように大きな価値を持つ丹沢山地だが、その環境を保全する上で多くの問題が存在する。丹沢山地は急峻な地形が多く、現在もいたる所で土砂の流出が起きている。近年ではブナ枯れが問題となっており、これは大気中オゾンへの暴露、ブナハバチによる葉の被食、稚樹の食害などが原因とされている（谷脇ほか 2016）。

これらの問題に加えて丹沢山地の自然環境に大きな影響を与えているのが、シカ（ニホンジカ, *Cervus nippon*）問題である。

丹沢のシカ問題は戦後以降に 3 つの異なるフェーズを経てきた。戦後には、乱獲によってシカの地域絶滅が危惧された。戦後の食料や資源の不足に伴い、肉や毛皮といった資源を得るため大量に狩猟されたことで、一時はシカ個体群の地域絶滅が危惧された（木平ほか 2012, 3 編 3 章）。その結果、捕獲を禁止したことにより個体数の減少が収まった。しかし、1960-70 年代に入ると、シカによる林業被害が発生するようになった。当時植林された大量の苗木が優良な餌となったこと、狩猟が制限されていたことなどからシカの個体数が増加したと考えられている（木平ほか 2012, 3 編 3 章）。それに対し神奈川県は捕獲によってシカの数減らす区域と、保護区域を設定し、ゾーニングによって人とシカの共存を図るといいう、当時の日本としては画期的な保護管理手法をとった（木平ほか 2012, 3 編 3 章）。この時代に植生保護柵も多数設置され、表面上のシカ被害は抑えられた。しかし 1990 年代から現在まで、低標高域の人工林から奥山の天然林における生態系の劣化が続いている。保護区に逃げ込むシカが増加し、スズタケ植生の消失やブナ等の稚樹の採食、希少植物の採食などが問題となっている（田村 2008）。影響は植物のみにとどまらず、昆虫相の改変や土壌生物相の貧弱化なども引き起こしている（高桑ほか 2007、伊藤ほか 2007 など）。

こうしたシカによる植生の劣化に起因する問題への対策として、植生保護柵による一定区域の保護と、管理捕獲による個体数の管理および生息域の制限が行われている（神奈川県 2016）。植生保護柵では植生の保護に一定の効果がみられ、柵内での草本被度や種数の回復、絶滅されたと思われていた植物の再発見などが報告されている（田村 2008、2010）。一方で、植生衰退による間接的影響の懸念される昆虫相については、十分な調査がなされていない。一般にシカの採食による昆虫への影響は植食昆虫への影響（Shimazaki and Miyashita

2002、塚田 2008 など)を除いて十分な調査は行われておらず、特に捕食性昆虫への影響は未知な点が多い。また、シカの昆虫への影響は既に影響が激化したあとに研究されることが多く、シカの採食が進行中の環境における捕食性昆虫への影響の知見は得られていない。また植生保護柵の内外の比較することで昆虫への影響を検証する実験が行われているが(高桑 2007)、この手法ではシカの採食圧が段階的に変化する状況は観察することができず、またどの段階で生態系の構造が、採食圧が減っても元に戻らなくなる臨界点を超過してしまうのかはわからない(Côté et al 2004)。また、この手法では環境の段階的な改変に対する反応を調べることが出来ない上、柵の内外の差が、柵のない場所でのシカ増加前後の変化を本当に反映しているのかどうか検証されていないという問題がある。

本研究ではオサムシ科昆虫に焦点を当てて調査を行った。オサムシ科甲虫は様々な環境に適応し、捕獲も容易であることから環境調査で多く用いられる昆虫群であり(Reinio and Niemela 2003)、シカの影響の調査においても利用されてきた(上田 2008)。しかし、シカの影響に対する反応は報告によって個体数は変わらないが群集構造が変化する(上田ほか 2008)、種や体サイズによってうける影響が異なる(飯田ほか 2016)など異なり、統一的な見解は出ていない。

そこで本研究では、シカの影響の段階的な進行に対するオサムシ科甲虫の反応、および植生保護柵によるオサムシ科甲虫の保全効果を検証することを目的とした。シカの食害が数年前から進行している菰釣山において、採食圧が段階的に異なる調査区を設定し、シカの影響の進行に対するオサムシ科甲虫の種構成や個体数の変化を調査する。また、すでにシカの食害が進行しており、部分的に植生保護柵がせっちされている加入道山において、柵内外のオサムシ科甲虫を調査し、さらにシカ増加前の菰釣山での調査結果と比較することで、柵による局所的な保護効果によって、昆虫群集がどの程度保全されるのかを検討する。

2. 調査地と実験区

本研究は丹沢山地の山梨県境にある、加入道山および菰釣山で行った（図-1、図-2）。加入道山と菰釣山に距離と標高が近い気象観測点である山中（北緯 35 度 26.2 分、東経 138 度 50.2 分、標高 992m）では、2016 年の年平均気温は 10.5℃、最暖月は 8 月で 21.5℃、最寒月は 1 月で平均気温は -1.8℃、年間降水量は 2001mm であった（気象庁 HP：<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index>）。ただし調査地は山中と約 300m の標高差があるため、調査地の気温は上記より 2 度前後低いと推定される。

加入道山では、「水晶沢の頭」付近の植生保護柵内に KN1（北緯 35 度 29 分 57.9 秒、東経 139 度 2 分 39.7 秒）、KN2（北緯 35 度 29 分 56.0 秒、東経 139 度 2 分 39.0 秒）、KN3（北緯 35 度 29 分 54.6 秒、東経 139 度 2 分 37.3 秒）、KN12（北緯 35 度 29 分 59.0 秒、東経 139 度 2 分 39.5 秒）の 4 地点を設置した。2015 年の調査開始時は KN1、KN2、KN3 の 3 地点を設定したが、冬の間に KN2 が倒木によって破損したため、2016 年に KN12 を加えた。柵外に KN4（北緯 35 度 29 分 55.5 秒、東経 139 度 2 分 38.8 秒）、KN5（北緯 35 度 29 分 54.8 秒、東経 139 度 2 分 38.1 秒）、KN6（北緯 35 度 29 分 53.5 秒、東経 139 度 2 分 39.1 秒）の 3 地点を設定した。

加入道山ではシカによる採食の進行を受け、神奈川県が 2003 年に加入道山頂からモロクボ沢の頭にかけての尾根沿いに植生保護柵を多数設置した（田村淳私信）。現在では柵の内側では植生が繁茂している。また 2014 年にササの一斉枯死が発生したため、広範囲にわたってササ林床が失われたが（田村淳私信）、一部では生残したスズタケが維持されている。調査地は 2014 年のササ一斉枯死を免れた地域のうち、柵内の下層植生がササである場所を選ので南向きの緩斜面上に設定した。

菰釣山では菰釣山頂～城ヶ尾峠間の尾根沿いに、KM7（北緯 35 度 28 分 4.4 秒、東経 138 度 59 分 1.7 秒）、KM8（北緯 35 度 28 分 20.1 秒、東経 138 度 59 分 15.2 秒）、KM9（北緯 35 度 28 分 26.4 秒、東経 138 度 59 分 26.8 秒）、KM10（北緯 35 度 28 分 25.0 秒、東経 138 度 59 分 42.8 秒）、KM11（北緯 35 度 28 分 25.6 秒、東経 138 度 59 分 45.9 秒）の 5 ヶ所の調査区を設定した。採食圧の判断は、目視でササ量とシカの採食の痕跡を基準として行った（図-4）。最も採食圧の低い調査区「極低」は、高さ 2m 程度まで密にササが茂っている状態であった。最も採食圧の高調査区「激甚」では、ササはわずかに残った稈から存在を確認できるがほとんど食べつくされた状態であり、足跡や糞からこの場所が頻繁にシカに利用されている様子が確認できた。採食圧が上記 2 調査区の間程度となる採食圧「低」、「中」、「高」の調査区は段階的にササの高さや密度が減少するように設定した。これらの地域では 2004 年、2005 年調査時にはシカの個体数が 5 頭/km² 以下とされていた（神奈川県 2010）が、ここ数年でシカの採食が急速に進行している。

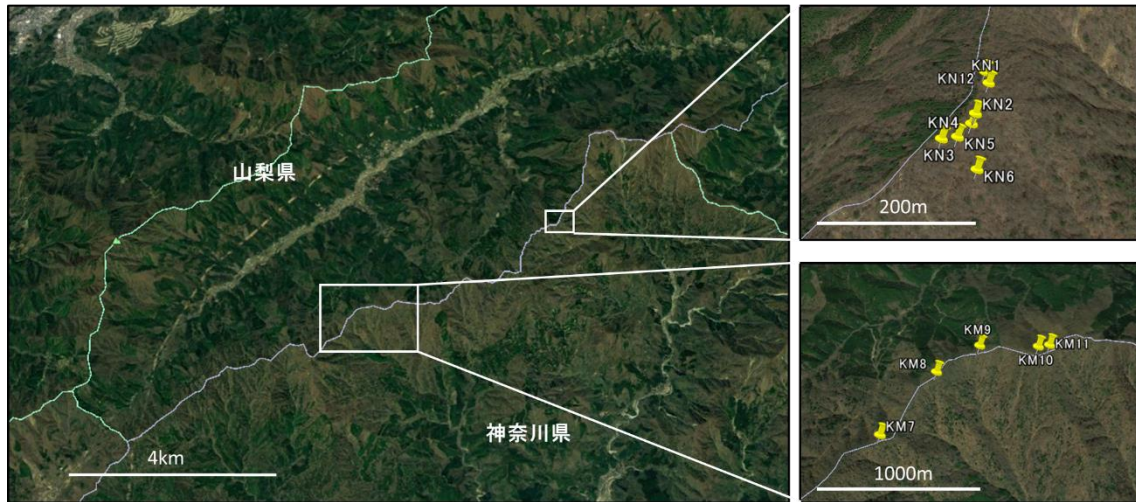


図-1 調査地の位置（Google earth より転載）

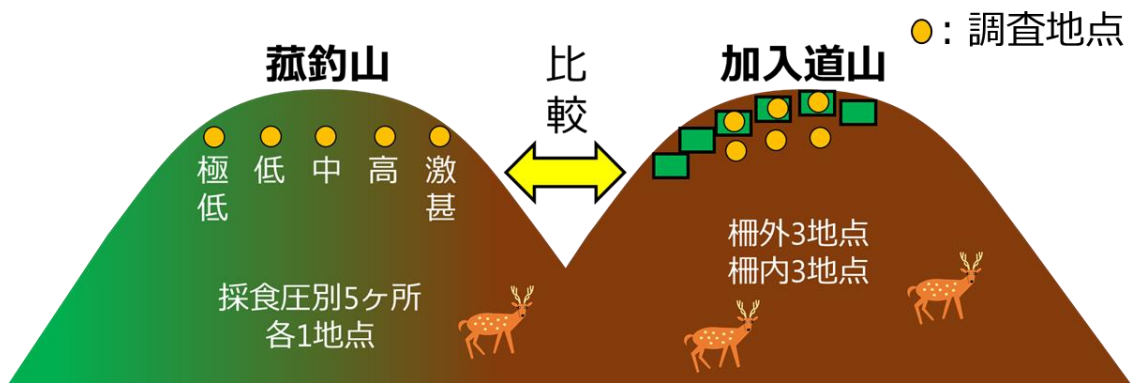


図-2 調査区設定の概念図

茶色から緑色へのグラデーションは現存植生の量を表す。



図-3 加入道山の調査区の様子

左が柵内、右が柵外の様子。



採食圧「極低」



採食圧「低」



採食圧「中」



採食圧「高」



採食圧「激甚」

図-4 菰釣山の調査区の様子

3. 方法

3-1. 地表徘徊性甲虫調査

地表徘徊性甲虫の捕獲方法としてピットフォールトラップを用いた。ピットフォールトラップは地表徘徊性昆虫を個体数、種数ともに十分に得られ（Kromp1999）、持ち運びや設置も容易であることから広く用いられている手法である。トラップとして開口部直径 8cm、深さ 12cm のプラスチックコップを用い、雨天時に水が溜まらないよう、下部に水抜き穴をあけた。捕獲効率を考慮して（前原 2004）2m間隔で格子状に 9 個のトラップを各調査地に設置した（図-5）。特定の食性の種のみを誘引しないように、ベイトは用いず、設置から一週間後に回収した。2015 年の 9 月に予備調査を行った後、2015 年 10 月、2016 年 5 月、7 月、10 月の計 4 回調査を行った。



図-5 ピットフォールトラップ（左）と同トラップの配置図（右）

3-2. モーションセンサーカメラによるシカの利用状況調査

各調査地を実際にシカがどの程度利用しているかを確認するため、モーションセンサーカメラを各調査地に 2 基ずつ、計 24 基設置した。センサーカメラは、GISupply 社製 SG560K-12mHD（撮影可能角度 60 度、センサー探知範囲 25m、500 万画素）を使用した（図-6）。下層植生に撮影範囲が制限されないよう、地上 1.5m~3m ほどの位置に取り付け、ピットフォールの調査範囲がすべて撮影範囲におさまるよう配置した。撮影範囲内に動いたものがあつたときにのみ撮影する設定とし、撮影後次の撮影までのインターバルは 15 秒とした。調査は地表徘徊性昆虫調査と同様、2015 年 10 月、2016 年 5 月、7 月および 10 月に行い、トラップ設置期間中の 1 週間連続で撮影を行った。



図-6 モーションセンサーカメラ

3-3. 植生調査

植生はシカの採食による影響を直接的に受け、また地表徘徊性昆虫の群集構造にも影響を与えることが知られている（Côté et al. 2004）。そのためオサムシ科の生息地の環境要因として非常に重要である。そこで、各調査地のピットフォールトラップを設置した 4m × 4m の範囲に 1m × 1m のコドラートをランダムに 3 ヶ所設置して植生調査を行った（図-7）。出現したすべての植物種について、被度と最大高を記録した。調査時期はなるべく多くの植物種を調査するため、もっとも生育している植物の量が多いと思われる夏季（2016 年 8 月）に行った。

本研究ではササ林床を調査地に設定しており、先行研究（上田 2008 など）からササ量とオサムシ科昆虫の個体数に相関があることが知られている。植生調査のコドラート範囲内のササ稈数と平均稈高を計測し、以下の換算式によってササの地上部バイオマスを算出した（岩月ほか 2011）。

$$\text{ササ地上部バイオマス}[\text{g/m}^2] = 1.20 \times (\text{稈数}[\text{本/m}^2] \times \text{平均稈高}[\text{cm}]) 1.24$$

また植物が昆虫に与える棲処や餌の量を表すものとして、各植物の被度（%）と最大高（cm）の積を求め、これを各種の植物量の指標とし、これを全植物種について合計したものを調査地の植物量とした。

また植物の多様性がオサムシ科甲虫の生息数に影響している可能性を考慮し、Shannon-Weiner 指数（ H' ）を算出した。

$$H' = - \sum p_i \log p_i$$

ここで、 p_i は各調査区内（3 コドラート合算）の各植物の植物量（上述）を調査区内の全

植物量の総和で割った値である。



図-7 植生調査の様子

3-4. リター量調査

リターの量は、リター層の存在がオサムシ科甲虫の個体数や種多様性を高める効果をもつという報告 (Koivula et al. 1999) があることや、特に小型の種にとって隠れ場所となることなどからオサムシ科の個体数に影響する要因と考えられる。各調査地のピットフォールトラップを設置した 4m×4m 範囲内に 20cm×20cm の枠を 3 ヶ所ランダムに設置し、各枠内の表面に堆積していたリターを採取した。採取時には枠にあわせて根掘りで切れ込みをいれ、切れ込みの内側の有形リターをすくい取った。採取したリターは、3-5 節の要領で土壤生物を抽出したのち、石やシカの糞などの異物を取り除いた後、2mm 目のふるいにかけて土を落とした。その後 60℃で 48 時間乾燥し、重量を測定した。地表面のリター堆積量が春から秋にかけて徐々に減少していくことを考慮し、調査は地表徘徊性昆虫調査期間の初めと最後にあたる 2016 年の 5 月と 10 月に行った。

3-5. 土壤動物調査

小型のオサムシ科甲虫にはリター中に生息する土壤動物を餌としている種が報告されている (渋谷 2015)。そこで本研究でも、小型のオサムシ科甲虫の餌資源量として影響しているような土壤動物の生息密度を定量した。リター量調査のため採取したリターは、紙袋にいれ、乾燥を防いで速やかに実験室に持ちかえた。紙袋から出したリターを白紙の上にもうすく広げ、目視で確認した土壤生物をピンセットと吸虫管を用いてすべて採取した。

3-6. 開空度調査

開空度は光を好む種に影響を与えているという報告もあり (上田ほか 2008)、個体数に影響すると考えられる。そこで、調査区の光環境を調べるために、開空度調査を行った。下層植生に遮られないよう、各調査地の中央地上高 2m の位置から鉛直上向きに全天写真を撮影した。地表徘徊性昆虫の調査期間は落葉期を含まず、着葉期間中には開空度は大き

く変動しないため、落葉前の 2016 年 10 月に調査を行った。撮影した写真をフリーソフト CanopOn2 (<http://takenaka-akio.org/etc/canopon2/index.html>) を用いて画像解析し、開空度を算出した。

3-7. 統計解析

3-7-1. 群集構造の環境傾度分析

RDA（冗長性分析）を用いて地表徘徊性甲虫の群集構造全体に対する環境傾度の影響を調べた。応答変数にはオサムシ科昆虫のうち捕獲数の多かった 5 種の捕獲数を、説明変数にはオサムシ科の群集構造に影響を与える可能性のある 6 項目の環境要因（ササバイオマス、植物量、植生多様度、リター量、土壤動物数、開空度）のうち、相関係数が 0.4 以上のペアが重複しないように選んだ 3 項目（植物量、リター量、開空度）を使用した。各地域群集構造全体の傾向を見るため、応答変数には予備調査（2015 年 9 月）を除いた全調査回の捕獲個体数の合計を、環境要因には全調査回の平均値を標準化（Hellinger transformation）した値を使用した。

3-7-2. 優占種の個体数に影響する環境要因

オサムシ科昆虫のうち捕獲された個体数が多かった優占種の個体数に影響を与える環境要因について、一般化線形モデル（GLM）を用いて解析した。説明変数には植物量、ササバイオマス、植生多様度、リター量、土壤生物数、開空度を標準化した値を使用し、オサムシ科の各種の個体数を応答変数とした。オサムシ科の捕獲数は季節消長による変動が大きいため、各種について最も多く捕獲された調査回のデータを解析に用いた。6 項目の環境要因のうち、捕獲数への影響が少ないものや、項目間の相関が高いペアを除くため、stepwise 重回帰分析を実施し、オサムシ科の捕獲数を最も良く説明する環境要因の組み合わせを選択した。選出の規準には赤池情報量規準（AIC）を用いた。

以上の統計解析は統計解析用フリーソフト R（ver.3.3.1）を用いた。

4. 結果

4-1. 各調査区の環境条件とシカの影響

モーションセンサーカメラによる調査では、採食圧の高い調査地を中心に、シカが多数撮影された。加入道山では、柵内にはシカが侵入していなかったことが確認された（図-8A）。加入道山の柵外では、撮影される個体数が季節によって大きく異なったことから、季節によってシカの個体群が移動している可能性が示唆された。菰釣山では、カメラ設定の不具合により7月の採食圧「高」および「激甚」の調査地で撮影に失敗した以外は、いずれの調査回も、採食圧の順序と撮影したシカの個体数が対応していたことが確認された。

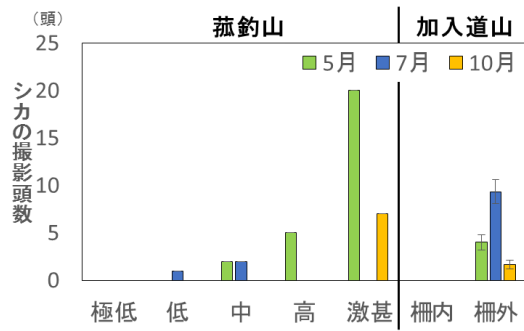
調査地の選定時に目視による採食圧の判断基準としたササのバイオマス、およびササのバイオマスに支配的な影響を受ける全植物量は、いずれも加入道山では柵内で柵外より有意に多く、菰釣山では目視で設定した採食圧程度と整合していた（図8B、C）。菰釣山ではササが植生の大半を占めており、ササ以外の植物は被度、本数ともに少なかった。また菰釣山の採食圧「極低」のササバイオマスは、加入道山の柵内と比較しても多かった。加入道山では、柵内ではヤマボウシやモミジイチゴなど木本種が生育していたのに対し、柵外ではスゲやノチドメといった草本種が多く見られた。ただし柵外の草本高は低く、葉が採食されて稈のみとなったササを除き大半が20cm未満であった（付表-3）。

開空度には菰釣山の採食圧傾度との対応は見られなかった。加入道山の柵の内外で比較すると、柵内の方が大きかったが、絶対値の差は小さかった（図-8E）。

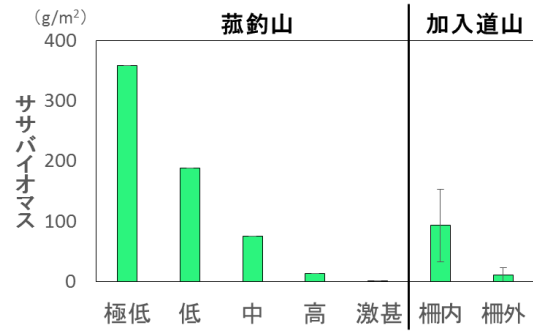
リター量は5月より10月に有意に少なかった（図-8F）。この結果は5月から10月（落葉の前）だったため、前年に堆積したリターが分解されて減少したことを反映している。採食圧の高低はリター量と対応せず、加入道山の柵内と柵外のリター量を比較しても有意な差は得られなかった（t検定、 $p>0.05$ ）。しかし季節別に見ると、加入道山では5月には柵の内外で差が見られなかったリター量が、10月には柵外で顕著に少なかった（図-8F）。柵内では、5月から10月の季節変化に伴うリターの減少が見られなかったためである。菰釣山の採食圧極低の調査区でも季節変化に伴うリターの減少が見られなかった。これらのことから、植生の多い調査区では春~秋にかけてのリターの減少が少なかったことが示唆される。

菰釣山における土壤動物の密度は採食圧「低」、「極低」の調査区で「中」以上の調査区より多い傾向があり、特に10月には顕著に多かった。加入道山の柵の内外で比較すると5月には大きな差はなかったが、10月には柵外で少なかった（図-8G）。

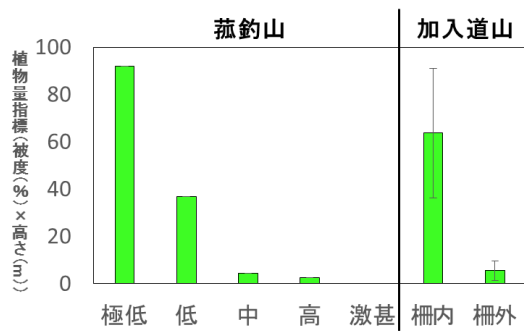
A



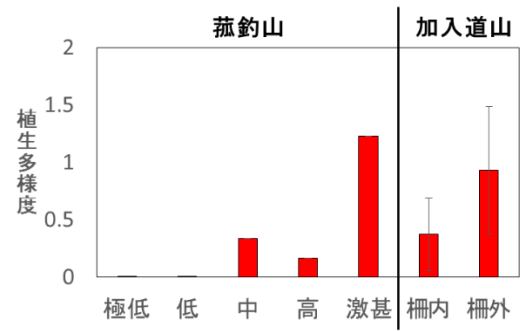
B



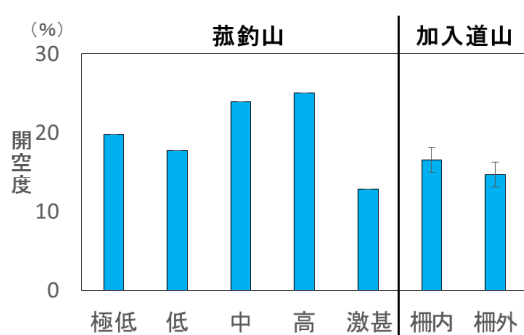
C



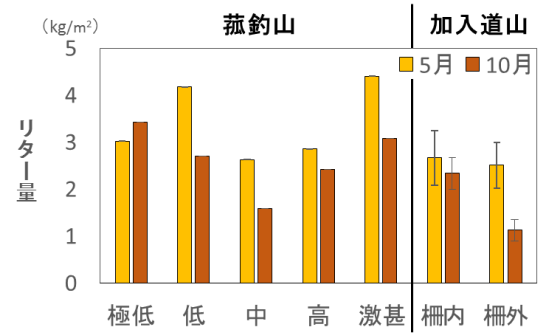
D



E



F



G

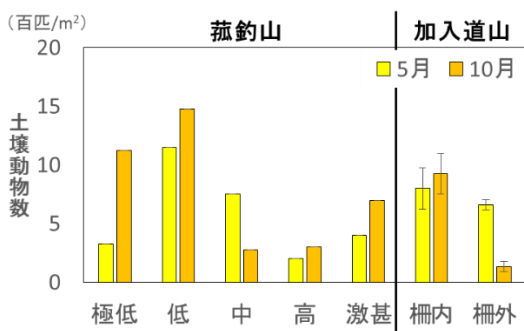


図-8 シカの採食圧の違いに対する植物量、土壤動物数、リター量等の反応。

4-2. 地表徘徊性昆虫調査結果

ピットフォールトラップを用いた4回の調査により、20種494匹のオサムシ科甲虫が捕獲された（付表-1）。総捕獲数は、加入道山では柵外、菰釣山では採食圧「激甚」の調査地で多かった。季節ごとにみると、採食圧「低」～「激甚」および柵内では5月に捕獲数のピークが見られ、採食圧「極低」および「柵内」では7月にピークが見られた（図-9B）。種ごとの捕獲数の季節変化をみると、もっとも個体数が多く全捕獲個体の約22%を占めたヨリトモナガゴミムシは加入道山、菰釣山とも採食圧の高い場所で多く捕獲された（図-9C、D）。この種の個体数変動がオサムシ科の群集構造全体の傾向に大きく寄与していた（図-9A、B）。また菰釣山の採食圧「極低」の調査地でクロナガオサムシが多く捕獲され、この種の捕獲数のピークは7月であった（図-9K）。採食圧「極低」における総捕獲数はクロナガオサムシの影響をうけ、ピークが7月にみられた（図-9A）。以上のように、季節ごとの優占種が出現する環境が異なることを反映して総個体数の多い環境が季節によって変化した。

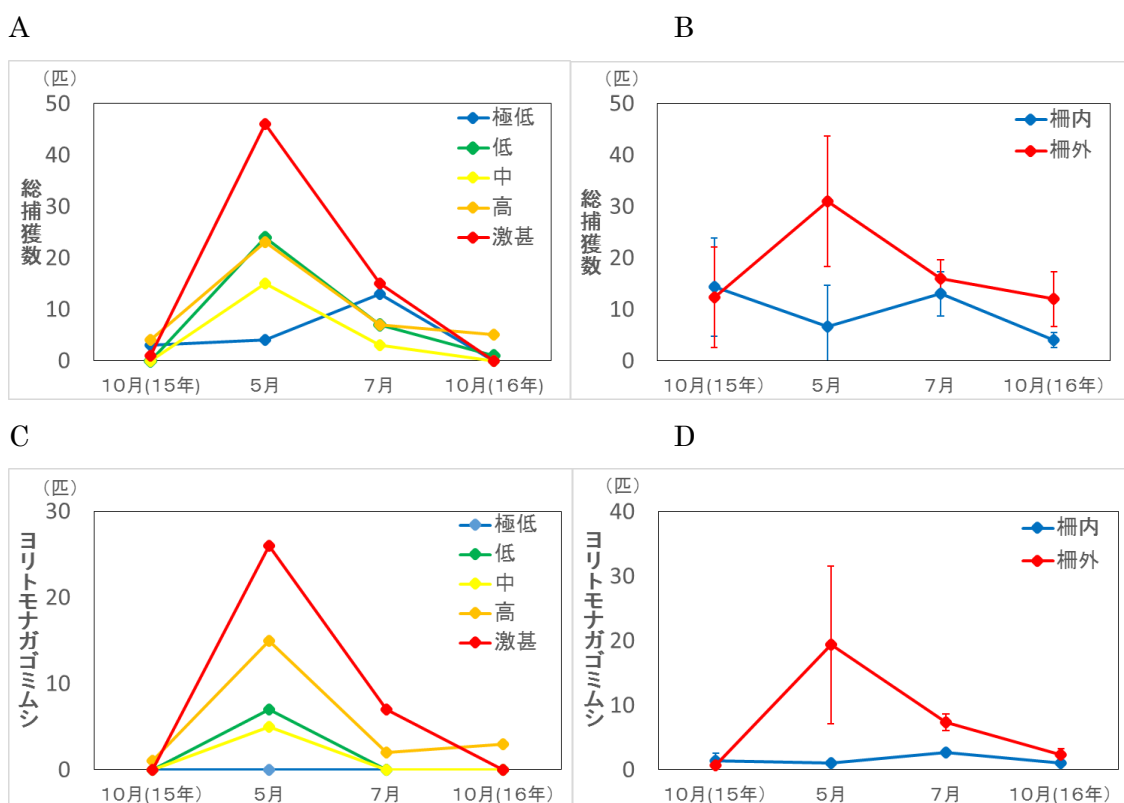
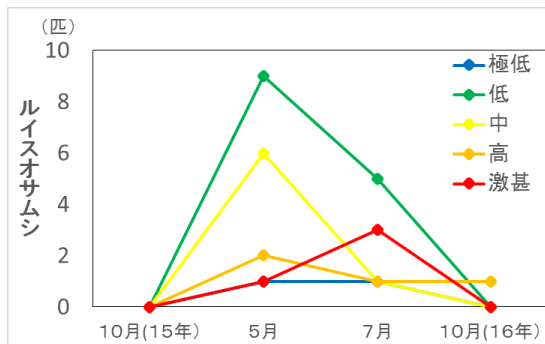
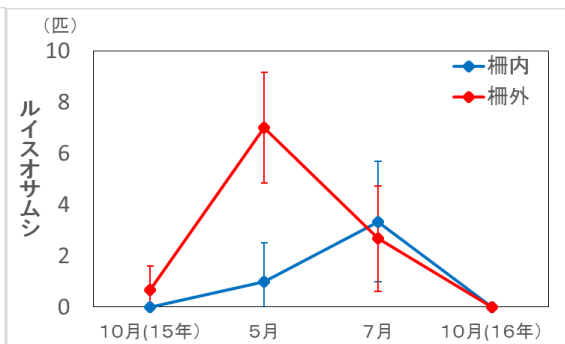


図-9 オサムシ科甲虫の捕獲数の推移。加入道山の結果は柵内、柵外各3反復あったため、1反復あたりの数値を示す。

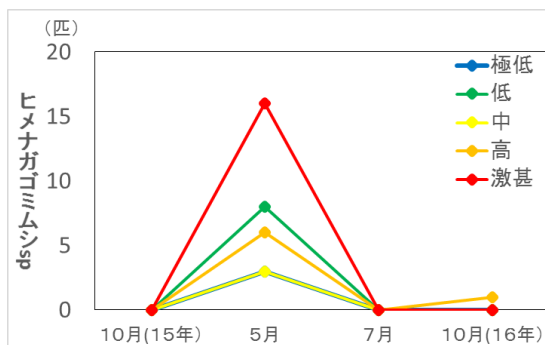
E



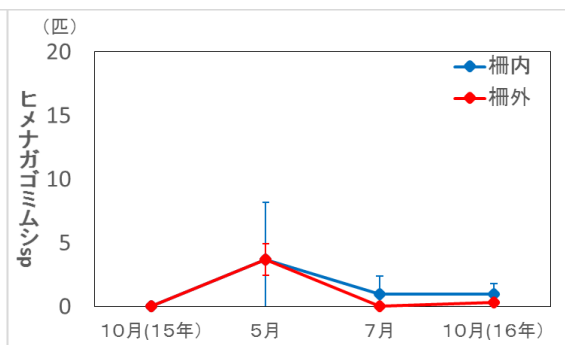
F



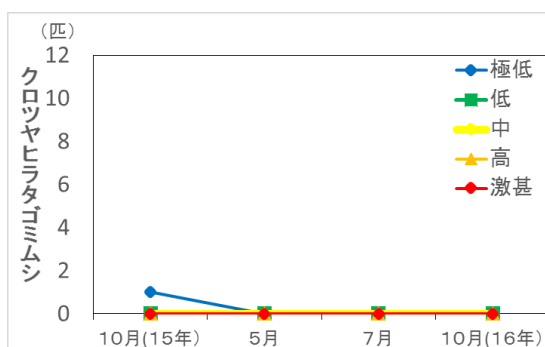
G



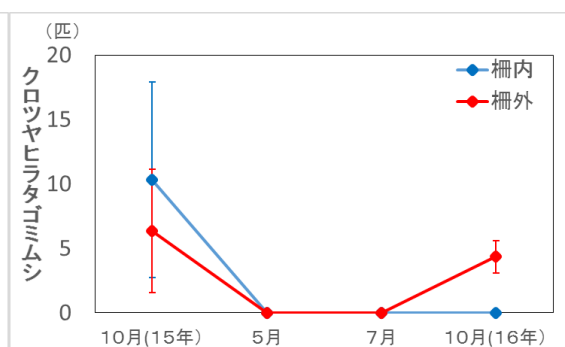
H



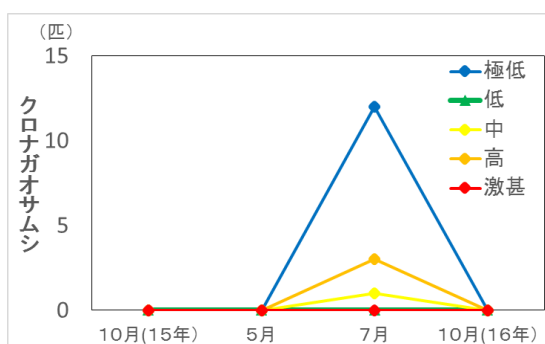
I



J



K



L

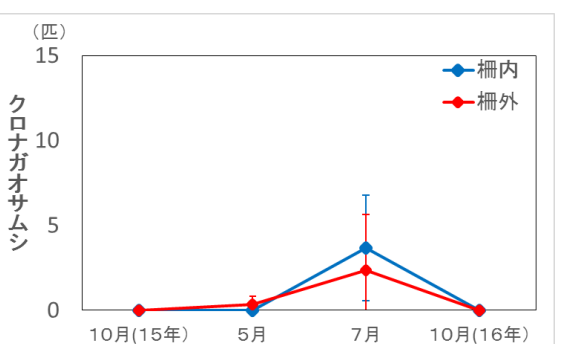


図-9 (つづき)

4-3. 統計解析結果

4-3-1. 環境データ間の相関

各環境データ間で相関分析を行ったところ、ササバイオマスと植物量指標について高い相関がみられた ($r=0.80$) ため、これらは解析時に同時に使用しないこととした (表-1)。

表-1 調査地の環境要因間の相関

	ササバイオマス	植生量指標	植生多様度	リター量	土壌動物数	開空度
ササバイオマス						
植生量	0.80					
植生多様度	-0.61	-0.50				
リター量	0.36	0.15	-0.29			
土壌動物数	0.48	0.47	-0.30	0.51		
開空度	0.28	0.07	-0.45	-0.03	-0.11	

相関係数の絶対値が 0.7 以上は赤、0.4~0.7 は黄枠で示した。

菰釣山の各調査区の採食圧はササの現存量と対応している。ササの現存量とそのほかの環境要因の相関を Kendall の順位相関分析で検討したところ、植物量はササの現存量と有意に相関していた ($p < 0.05$)。植生多様度とササの現存量の相関はサンプル数の少なさのためか有意ではなかったが、相関が疑われた ($p < 0.1$)。リター量、土壌動物数、開空度とササの現存量には相関はみられなかった。

表-2 Kendall の順位相関分析結果

	τ	P
植物量指標	1.0	0.02
植生多様度	-0.8	0.08
リター量	-0.2	0.82
土壌動物数	0.4	0.48
開空度	0.0	1.00

4-3-2. 環境傾度解析

RDA による環境傾度の解析結果から、オサムシ科の各優占種がどのような環境に生息する傾向があるかを、植物量、リター量、開空度の増減を軸として表した (図-10)。オサムシ科甲虫の優占種 5 種は 3 つのグループに分けられた。クロナガオサムシは植物量が多い環境に生息し、ヒメナガゴミムシ sp はリター量が多い環境に多く生息するという結果であった。ヨリトモナガゴミムシ、ルイスオサムシ、クロツヤヒラタゴミムシは植生量、リター量、開空度いずれも低い値の環境に生息するという結果であった。

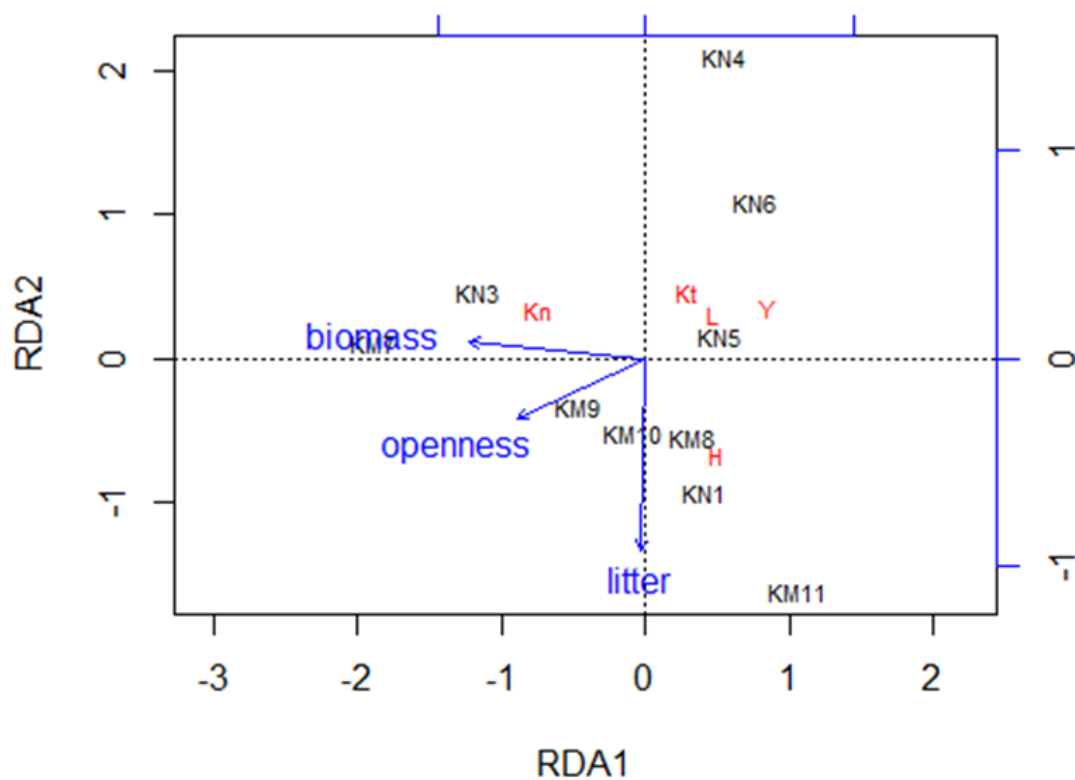


図-10 RDA による環境要因とオサムシ科甲虫優占種の関係の図示

赤字は優占種をイニシャルで表す。Y：ヨリトモナガゴミムシ、L：ルイスオサムシ、H：ヒメナガゴミムシ sp、Kt：クロツヤヒラタゴミムシ、Kn：クロナガオサムシ、biomass：植物量、litter：リター量、openness：開空度。

表-3 RDA 軸による解析結果の詳細

	Inertia	Proportion
Total	5	1
Constrained	2.328	0.4656
Unconstrained	2.672	0.5344

各軸との相関	RDA1	RDA2	RDA3
リター量	-0.02	-0.92	-0.40
植生量	-0.85	0.08	-0.52
開空度	-0.61	-0.29	0.74

各軸の説明力	RDA1	RDA2	RDA3
固有値	1.36	0.75	0.23
説明力	0.58	0.32	0.10
積算説明力	0.58	0.90	1.00

4-3-3. 優占種

優占種の捕獲数に対する各環境要因の影響を GLM によって推定した。説明変数は stepwise 重回帰分析により、もっともよく捕獲数が説明される組み合わせを選択した。推定された回帰式における標準化偏回帰係数と SE、および Wald 検定の結果を表す（表-3～7）。

ヨリトモナガゴミムシの捕獲数は 5 項目の環境要因すべてを含むモデルで説明された（表-4）。標準化偏回帰係数の値にみるように、中でも植物量に強い負の影響を受けており、これは実際に植物量の少ない採食圧「激甚」および「高」の調査地点や柵外で明らかに個体数が多かった（図-9C、D）こととも整合する。また植生多様度には正の影響を受け、リター量、土壤動物数、開空度には負の影響を受けた。

表-4 ヨリトモナガゴミムシの GLM 結果

	標準化偏回帰係数	標準誤差	Wald 検定の P 値
切片	2.09	0.13	<0.001
植物量指標	-0.61	0.17	<0.001
植生多様度	0.24	0.12	<0.05
リター量	-0.24	0.10	<0.05
土壤動物数	-0.35	0.15	<0.05
開空度	-0.29	0.12	<0.05

クロツヤヒラタゴミムシは最も捕獲数が多かった調査回には菰釣山でほとんど捕獲されなかったため、加入道山のデータのみを用いて解析を行った。クロツヤヒラタゴミムシの捕獲数は植物量、植生多様度、リター量、土壤動物数の 4 項目で説明された（表-5）。そのうちリター量に強い正の影響を受け、次いで植物量に負の影響を受けていた。しかしサンプル数が少なかったためか、植物量以外の 3 項目の効果は 0 と有意に異ならなかった。

表-5 クロツヤヒラタゴミムシの GLM 結果

	標準化偏回帰係数	標準誤差	Wald 検定の P 値
切片	3.12	0.88	<0.001
植物量指標	-0.96	0.42	<0.05
植生多様度	-0.37	0.36	0.30
リター量	1.45	1.74	0.41
土壤動物数	0.23	0.71	0.75

ヒメナガゴミムシ sp の捕獲数は植生多様度とリター量によって説明され、特にリター量に強い正の影響を受けた（表-6）。

表-6 ヒメナガゴミムシ sp の GLM 結果

	標準化偏回帰係数	標準誤差	Wald 検定の P 値
切片	1.51	0.15	<0.001
植生多様度	0.24	0.12	0.05
リター量	0.53	0.11	<0.001

ルイスオサムシの捕獲数は 5 項目すべてを含むモデルで説明された（表-7）。最も強い影響を受けたのは植物量であり、負の影響であった。植生多様度、リター量、開空度には負の影響を受け、土壌動物数には正の影響を受けた。

表-7 ルイスオサムシの GLM 結果

	標準化偏回帰係数	標準誤差	Wald 検定の P 値
切片	1.39	0.16	<0.001
植物量指標	-0.63	0.20	<0.01
植生多様度	-0.49	0.19	<0.01
リター量	-0.33	0.17	<0.05
土壌動物数	0.33	0.17	<0.05
開空度	-0.39	0.16	<0.05

クロナガオサムシの捕獲数は植物量と土壌動物数によって説明され、特に植物量に強い正の影響を受けた（表-8）。

表-8 クロナガオサムシの GLM 結果

	標準化偏回帰係数	標準誤差	Wald 検定の P 値
切片	0.88	0.20	<0.001
植物量指標	0.78	0.15	<0.001
土壌動物数	-0.37	0.21	0.08

5. 考察

本研究の結果から、シカの影響の段階的な進行に対するオサムシ科甲虫群集の反応が明らかになった。また植生保護柵によりオサムシ科甲虫の種が保全された一方で、柵内の群集構造はシカの採食が進んだ環境を好む種も含む、自然条件下と異なった状況になっていると考えられた。以下では個々の優占種に影響を与えた環境要因を分析した上で、シカの影響の段階的な進行に対するオサムシ科甲虫の反応と、植生保護柵の保全効果を考察する。

5-1. オサムシ科甲虫に影響を与える要因

植生保護柵内より柵外の方がオサムシ科の総捕獲数は多かった。先行研究ではシカの採食圧が増加するとオサムシ科の群集構造が変化するといわれており（上田ほか 2008）、植生の減少に伴い大型のオサムシは減少し、小型のオサムシが増加するといった報告がなされている（上田ほか 2008）。本研究の結果も既報と整合的であり、柵の外側では特にヨリトモナゴミムシの増加が見られた。多くの調査地では 5 月に捕獲個体数のピークとなったが、採食圧「極低」の調査地のみ、7 月にピークとなった。これは採食圧の低い環境を好むクロナガオサムシが 7 月に増加した影響である。

個別の優占種についてみると、ヨリトモナゴミムシの捕獲数は植物量に負の影響を受けていた。本種は採食圧の高い環境や柵外で多く捕獲されていたことから、シカの採食を受けた環境に、より適応する種であると考えられる。

クロツヤヒラタゴミムシは、森林であれば平地から山地まで幅広く生息するジェネラリストであり（Suttiprapan et al. 2006）、森林環境下では下草が刈られた場所で捕獲数が増加するといった報告があるなど（渋谷ほか 2015）、環境の変化に対しても柔軟に対応することが知られている。今回の、植物量が少ない場所で捕獲数が多くなったという結果に関しても、シカの採食によってもたらされた植物量の減少という環境変化に対応したと考えられる。

ヒメナガオサムシ sp の捕獲数はリター量に正の影響を受けた。ヒメナガオサムシ sp は 7mm 程の小型のオサムシであり、リターのように小さな構造でも十分に隠れ家として利用することができると考えられる。シカ採食によるササの減少に伴ってリター量が減少するとの報告があり（若原ほか 2008）、シカの採食に起因する間接的影響を受けているといえる。一方でリターの堆積量は微地形によっても異なるため、シカの個体数の増減の影響が必ずしも現れない場合もある。

ルイスオサムシは高桑ほか（2008）において、丹沢山地内の別地点の植生保護柵内で多く捕獲され、植生の多い環境で多く捕獲されると考察された。しかし本研究では多数の要因に影響されつつ、植物量に負の影響を受けるという結果であった。高桑ほか（2008）ではピットフォールトラップにベイトを使用したことなど条件が異なるが、本種は比較的大

型の種であることから捕食者から身を隠すために植生を必要とすると考えられる。本研究の結果では採食圧の高低いずれの場所でも捕獲され、菰釣山と加入道山での捕獲数にも一貫性がなく、影響する要因も複数にわたった。

クロナガオサムシは植物量に正の影響を受けた。クロナガオサムシは大型のオサムシであり、今回の結果は大型のオサムシは隠れ場所となる植生が多い場所で多数捕獲されるとの報告（上田他 2008）と整合している。また植物量の特に多かった採食圧「極低」で捕獲数が多かったことから、クロナガオサムシは大量の植生を必要とすると考えられた。一方土壌動物数とクロナガオサムシの捕獲数には負の相関があった。クロナガオサムシがミミズなどを餌として利用することを考えると、ミミズを含む土壌動物数が少ない場所を本種が好むという結果は不自然であるようにも思える。しかし、ササが多い環境ではミミズが少なく、シカの採食を受けた場所でミミズが増えるという報告があり（關、小金澤 2010）、実際、採食圧「極低」の調査地においても 5 月には土壌動物数が少なかった。このことが負の相関の理由として考えられる。

上記 5 種の優占種は RDA による解析では 3 つのグループに分かれた。植物量に強く影響されたクロナガオサムシ、リター量に強く影響されたヒメナガゴミムシ sp、多数の要因に影響されたヨリトモナガゴミムシ、ルイスオサムシ、クロツヤヒラタゴミムシである。体サイズを比較するとクロナガオサムシが 30mm 程度と最も大きく、20mm 程度のルイスオサムシ、13mm 程度のヨリトモナガゴミムシとクロツヤヒラタゴミムシ、7mm 程度のヒメナガゴミムシ sp となり、体サイズの順にグループが分かれている。このことは体サイズによって反応が異なるとした Iida et al (2016) と整合する結果である。ただしルイスオサムシは比較的大型であり、丹沢山地内においても柵内で多いという報告（高桑ほか 2007）があることなどから、環境によっては今回と異なるグループに分類される可能性がある。

加入道山と菰釣山ではシカの採食圧による影響以外にも、植生やももとの昆虫群集などが異なる可能性があるという問題があった。標高やブナ林であること、ササ林床であることなどの条件を可能な限り揃えたものの、完璧に同じ条件とはいえない。より精度の高い比較を行うためには、植生保護柵以外の条件を揃えると同時に、調査地をより多く設置し反復数を増やすことで、環境要因の傾向を得ることが重要である。いずれにしても本研究は 1 年程度の期間に季節ごとに調査を行ったのみであるため、シカによる長期的な影響を知るためには継続的な調査が必要である。

5-2. シカの影響の段階的な進行に対するオサムシ科甲虫群集の反応

本研究の調査地ではシカの採食圧に応じて 2 段階の変化が起きていた。1 段階目は採食圧「極低」から「低」、「中」、「高」にかけておこる、植生に強く影響されるクロナガオサムシの減少である。クロナガオサムシの捕獲数は採食圧「極低」において多かったが、柵内を含

むその他の調査地では捕獲数は少数に留まった。クロナガオサムシは植生が多い環境を好むことが知られており（上田 2008、岡田・須田 2012 など）、大量の植生を必要とするために、シカの採食による植生量の減少にいち早く反応したと考えられる。採食圧「低」、「中」、「高」間では種や季節によって捕獲数の多少が入れ替わることも多く、オサムシ科甲虫群集の構造に大幅な変化はないと思われた。2 段階目の変化は、採食圧「低」、「中」、「高」から「激甚」にかけて、シカの影響が進んだ環境を好む種の増加である。採食圧「激甚」に移行する際シカの影響が進んだ環境を好むヨリトモナガゴミムシなどが増加する。Niemelä et al（1992）では、直近に開墾された草原に出現する種群が報告されており、植生が減少したタイミングによっても出現する種が異なると考えられる。今回観察された 2 段階目の変化はシカの採食によってほぼ植生が消滅した状態で安定した環境への変化だと考えられる。また一方で採食圧「低」、「中」、「高」ではクロナガオサムシのように植物量の多い環境を好む種も少数ながら捕獲された。このことからシカの影響が激化する前段階の環境ではことなる環境を好むオサムシ科甲虫種間での競合が起きている可能性がある。このようにシカの影響の進行に対するオサムシ科甲虫群集の反応の過程が本研究で初めて明らかになった。

ただしリター量に強く影響されたヒメナガゴミムシ sp のように、上記では説明しきれない種も存在する。また一口にシカの影響と言っても一様ではなく、例えば植生に関しては同じシカの利用頻度であっても上層植生の有無によって大きく異なるなど（Suzuki and Ito 2014）、環境によって変化することから、シカの採食に起因して変化する環境要因以外にも複合的に判断することが必要であろう。

5-3. 植生保護柵の保全効果

柵内でクロナガオサムシが捕獲されたことから、植生保護柵により植生を必要とするオサムシ科甲虫種が保全されたと考えられた。シカの採食によって改変された植生は、柵などによって採食圧が減じても元に戻らない可能性が指摘されている（Côté et al. 2004）が、加入道山の植生保護柵は、シカの採食が進行して本来の植生が失われる前に設置されたという経緯があり、シカの採食圧が増大した期間にクロナガオサムシのように植生を必要とする種が生き延びる環境が保たれた可能性がある。しかし一方で、採食圧「極低」の環境では見られなかったヨリトモナガゴミムシが柵内に出現した。シカの影響を排除した区域と、影響を受ける区域が隣接しており、オサムシが行き来できる状況にあったためと思われる。このように柵によって採食圧の高い環境と低い環境が狭い範囲に点在するという特殊な状況が作り出されており、柵内のオサムシ科甲虫群集はシカの影響が進行した環境を好む種も含む特殊な状況になっていると考えられる。また加入道山では 25m×25m 前後の植生保護柵が数 m の間隔をあけて 40 基以上設置されていることから、広範囲にわたってオサムシ科甲虫が移動可能な環境となっていることも多様性の維持のために有効に作用していると考えられた。

シカによる採食の広がりは一短期間に発生し、わずか1年半程度の調査期間中でも採食の進行が見られた。菰釣山の調査地間では、下見を行った2015年7月から9月の間にもササの稈高が減少している様子や、新たな樹皮剥ぎが見られた。加入道山で冬季に破損した植生保護柵内では、2015年10月時点では2m近いササが密に茂っていたが、翌5月には腰程度の高さの稈がまばらに生えているのみの状態となっており、シカの採食の威力を目のあたりにした。管理捕獲による個体数調整や植生保護柵による施策に影響が出る前に採ることは困難ではあるが、昆虫群集の多様性を保全するためにはシカの増加に先んじた対策を採る必要があると考える。

6. 謝辞

本研究を進めるにあたり、指導教官である鈴木牧准教授をはじめとする多くの方にご教授、ご協力をいただきました。

鈴木牧准教授には研究の最初から最後までご指導をいただきました。他分野出身の私に生態学の基礎から、調査方法、発表の指導に統計解析技術などなど、学ぶべき知識をそのつど丁寧に、こまめに教えていただきました。調査に同行していただいた際には研究のことに限らず、幅広い話題についてお話していただき、非常に楽しい時間となりました。また学生生活についても、それまでの私の常識では考えられないほどに理解を示していただきました。研究を含めたすべての学生生活に安心して全力で取り組むことが出来たことは鈴木先生のご理解とご指導があったからこそだと思っております。

自然環境保全センターの田村淳様には丹沢山地の現状について詳細にご教授いただきました。調査地の選定の際にはフィールドワークに同行していただき、田村様の環境を見る目をとおして、丹沢の現状についてお話していただいたことは、丹沢山地への理解を深める上で非常にためになりました。また調査許可の申請等、研究に付随するサポートも複数回にわたってして頂きました。

同自然センターの谷脇徹様には昆虫調査の手法について相談に乗っていただいた他、調査地近辺の状況についての情報をいただきました。また県博に同定について伺って下さるなど、お忙しい合間にご協力を頂きました。

福田健二教授には研究室ゼミの場を中心に、研究に関するアドバイスや指摘をいただきました。また東大農学部との連絡をさりげなく取って下さる、学生生活において価値あるお話を頂くなど、多方面で気にかけていただきました。

奈良一秀教授には研究全般の修正や指摘をいただいた他、調査や研究の機材を快く貸していただきました。また奈良研究室の調査に同行させていただくことで、様々な調査地を体験し、刺激を受ける機会をいただきました。

特認研究員の渋谷園美様には昆虫の同定方法の指導と同定のための参考資料の提供をしていただき、同定にかかわる基礎を教えていただいた他、研究発表の指導までしていただきました。また昆虫同定世界の楽しさを教えていただいたことで、より深く楽しく研究に取り組むことが出来ました。

久保田耕平教授には非常にご多忙な中、同定の困難な昆虫の同定をしていただきました。未記載種であることの確定も含めて、自力ではとても出来なかった同定をしていただいたおかげで、データの信頼度を大きく上げていただきました。

松村愛美助教授には研究室ゼミを中心に指摘やアドバイスを多数いただきました。また農学部で行う作業に誘っていただき、同定に詳しい方にお話を聞く機会を作っていただきました。

特認研究員の山田英佑様には発表をうまく行うためのアドバイスを最終発表直前まで懇

切丁寧にしていただきました。発表の質が大きく向上したのは直前のアドバイスのおかげだと思っています。

同期の阿部寛史、森永健太、後輩の上村兼輔、新村ゆい、杉山賢子、高木豊大（敬称略）には昆虫調査の手伝いをしてもらいました。険しい山道を大量の荷物を背負って長時間歩き、泥と草と虫にまみれながらの調査に付き合ってもらい、本当に助かりました。一人で行っていた修士1年時にはハードでやり切れなかったこともあった調査を何度も行えたのは協力あってこそでした。また一回一回の調査が思い出深い楽しいものとなりました。

後輩の原田憲佑には昆虫調査に加え植生調査と植物の同定までしてもらいました。植物に疎い私にとって、彼の知識はとても頼もしいものでした。

実家の家族には学生生活を送るに当たって必要な様々な支援をしてもらいました。また遠方に住む私に調査の度に車を貸与してくれたおかげで、調査を快適かつスムーズに行うことが出来ました。

最後に何度も繰り返し足を運び、そのたびに新しい発見と刺激をくれた丹沢山地の自然に感謝します。

7. 引用文献

- Bernhard K. (1999) : Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 74 : 187-228
- Côté D.S., Rooney P.T., Tremblay P.J., Dussault C., Waller M.D. (2004) : Ecological Impacts of Deer Overabundance. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 35 : 113-147
- Scheffer M., Carpenter S., Foley A. J., Folke C., Walker B. (2001) : Catastrophic shift in ecosystems. *Nature*, 413 : 591-596
- Koivula M., Punttila P., Haila Y., Niemelä J. (1999) : Leaf litter and the small-scale distribution of carabid beetles (Coleoptera, Carabidae) in the boreal forest. *Ecography*, 22 : 424-435
- Shimazaki A., Miyashita T. (2002) : Deer browsing reduces leaf damage by herbivorous insects through an induced response of the host plant. *Ecological Research*, 17 : 527-533
- Suttiprapan P., Yamamoto S., Nakamura H., (2006) : Species composition and the vertical niche breadth of ground beetles. (Carabidae, Brachinidae) in the Southern Japan Alps. *Japan . Entomology and Zoology*, 17 : 143-152
- Rainio J., Niemela J. (2003) : Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators. *Biodiversity and Conservation*, 12 : 487-506
- Iida T., Soga M., Hiura T., Koike S. (2016) : Life history traits predict insect species responses to large herbivore overabundance: a multitaxonomic approach. *Journal of Insect Conservation*, 20 : 295-304
- 伊藤 雅道, 辰田 秀幸, 尾崎 泰哉 (2007) : 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. 丹沢大山総合調査学術報告書, 353-35, 丹沢大山総合調査団編集, 財団法人平岡環境科学研究所出版, 神奈川県相模原市緑区原宿 5-15-6

岩月 良介, 戸田 浩人, 崔 東壽 (2011) : 林床ササ植生バイオマスと葉内養分含有量の簡易推定方法. 日本緑化工学会誌, 37 : 237-240

神奈川県 (2016) : 神奈川県ホームページ 第3次神奈川県ニホンジカ管理計画, URL : <http://www.pref.kanagawa.jp/cnt/f986/p10114.html>

關 義和, 小金澤 正昭 (2010) : 栃木県奥日光地域の防鹿柵害におけるミミズ類の増加要因—シカによる植生改変の影響—. 日本森林学会誌, 92 : 241-246

気象庁 (2016) : 気象庁ホームページ 気象統計情報 過去の気象データ検索, URL : <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index>

木平 勇吉, 勝山 輝夫, 田村 淳, 山根 正伸, 羽山 伸一, 糸長 浩司, 原慶 太郎, 谷川 潔 (2012) : 丹沢の自然再生. 日本林業調査会

前原 忠 (2004) : 個体群密度制御下でのアオオサムシの密度および活動性とピットフォールトラップの捕獲率. 日本応用動物昆虫学会誌, 2 : 115-121

Magura T., Tóthmérész B, Elek Z. (2005) : Impacts of Leaf-litter Addition on Carabids in a Conifer Plantation. *Biodiversity and Conservation*, 14 : 475-491

Mcshea J. M., Rappole H. J. (2000) : Managing the abundance and diversity of breeding bird populations through manipulation of deer populations. *Conservation Biology*, 14 : 1161-1170

Niemelä J., Spence J., Spence D. (1992) : Habitat associations and seasonal activity of ground-beetles (Coleoptera, Carabidae) in central Alberta. *The Canadian Entomologist*, 124 : 521-540

岡田 拓也, 須田 知樹 (2012) : 栃木県奥日光における林床環境の違いがオサムシ科甲虫の群集構造に与える影響. 地球環境研究, 14 : 1-6

渋谷 園実, 桐谷 圭治, 福田 健二 (2017) : クロツヤヒラタゴミムシの生態—成虫の季節消長, 繁殖様式, 飛翔能力. 昆虫(ニューシリーズ), 20 : 1-13

高桑正敏, 深田晋一, 藤田裕 (2007) : 丹沢三ツ峰における植生保護柵内外の昆虫調査. 丹沢大山総合調査学術報告書. 227-231, 丹沢大山総合調査団編集, 財団法人平岡環境科学研究所出版, 神奈川県相模原市緑区原宿 5-15-6

谷脇 徹, 相原 敬次, 齋藤 央嗣, 山根 正伸 : 丹沢山地ブナ林の衰退要因とその複合作用. 神奈川県自然環境保全センター報告, 14 : 1-12

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 : 158-165

田村 淳 (2010) : ニホンジカの採食により退行した丹沢山地冷温帯自然林における植生保護柵の設置年の差異が多年生草本の回復に及ぼす影響. 日本森林学会誌, 90 : 158-165

塚田 森生 (2008) : ニホンジカの摂食によって植生が変化した奈良公園におけるトサカグンバイの生活史の遺伝的な変化. 森林学会誌, 90:348-355

若原 妙子, 石川芳治, 白木克繁, 戸田浩人, 宮貴大, 片岡史子, 鈴木雅一, 内山佳美 (2008) : ブナ林の林床植生衰退地におけるリター堆積量と土壤浸食量の季節変化—丹沢山地堂平地区のシカによる影響—. 日本森林学会誌, 90 : 378-385























横浜市(2016) : 横浜市水道局ホームページ 事業紹介 水道局の取り組み 道志水源の保全
URL : <http://www.city.yokohama.lg.jp/suidou/kyoku/torikumi/suigen-hozen/>

付表-1 地表徘徊性昆虫調査で捕獲したオサムシ科甲虫

調査地点	KN1						KN2						KN3						KN4						KN5						KN6					
調査年	2016			2015			2016			2015			2016			2015			2016			2015			2016			2015			2016			2015		
調査月	10	7	5	10	9		10	7	5	10	9	9	10	7	5	10	9		10	7	5	10	9	9	10	7	5	10	9	9	10	7	5	10	9	
ヨリトモナガゴミムシ		3	1	1					18	3	3		3	2	1				3	6	34	1			1	9	2		4	2	3	7	4	1		
クロツヤヒラタゴミムシ					21	5	2			6	1	4				4	2		4			2	2	3			4	8	9	6			13	1		
クロナガオサムシ		1				9			5			11	1			8		2		7	1		6						8							
ルイスオサムシ				4					6	2		1	1		5		1		5	9				4				1		4	8	2				
ヒメナガゴミムシsp	2	3	1						2				1		1						2			5				1		4						
マルガタツヤヒラタゴミムシ			2	5						1	1	3	1			1	2						1			1							9			
トケジナガゴミムシ		2												3				3					3						3							
オオクロツヤヒラタゴミムシ	1												1					1				1					2	2	4							
コクロツヤヒラタゴミムシ						1															2						2		1							
ヒラタゴミムシsp1					3					1		2				1																	1			
ゴモクムシsp1					2													1								2	1									
ゴモクムシsp2			1																											2						
ヒラタゴミムシsp2																1		1	1									1								
モリヒラタゴミムシsp																		1					1					1								
アカガネオオゴミムシ																												1								
クロキノカワゴミムシ																1																				
ツヤヒラタゴミムシsp1					2																															
ツヤヒラタゴミムシsp2					2																															
ゴミムシsp							1																1													
ニッコウオオズナガゴミムシ																																				
ミヤマメダカゴミムシ																																				
ナガゴミムシsp1																																				
ヒラタゴミムシsp3								1					1																							

[illegible]

付表-2 捕獲したオサムシ科甲虫写真

							
ヨリトモナガゴミムシ	クロツヤヒラタゴミムシ	クロナガオサムシ	ルイスオサムシ	ヒメナゴミムシ sp	マルガタツヤヒラタゴミムシ	トケジナゴミムシ	オオクロツヤヒラタゴミムシ
							
コクロツヤヒラタゴミムシ	ヒラタゴミムシ sp1	ゴモクムシ sp1	ゴモクムシ sp2	ヒラタゴミムシ sp2	モリヒラタゴミムシ sp	アカガネオオゴミムシ	クロキノカワゴミムシ
							
ツヤヒラタゴミムシ sp1	ツヤヒラタゴミムシ sp2	ゴミムシ sp	ニッコウオズナガゴミムシ	ミヤマメダカゴミムシ	ヒラタゴミムシ sp3		

9月に行った予備調査を含めた捕獲数順に掲載

付表-3 植生被度

区分	柵内			破損 柵内	柵外			極低	低	中	高	激甚
調査地	KN1	KN3	KN12	KN2	KN4	KN5	KN6	KM7	KM8	KM9	KM10	KM11
スズタケ	3	4	3	3	1	+	1	4	3	1	1	+
ノチドメ					2	1						
スゲsp					2					+	+	
モミジイチゴ	1	1	1	1		+	+					
スゲ		+			2							
イヌシデ	1		+	+	+	+	1				+	
カンスゲ										1		
イボタノキ	1	+		1		1					1	+
ニワトコ	1		1									
バライチゴ		+			1							
ムラサキシキブ				1	1		+					
ハコネウツギ		1		1	+	+						
ヤマボウシ	1											
ヤマミズ				1	1	+						+
アザミ					1							
ツクバネウツギ	1	+										
ハンショウヅル		1				+						
ウツギ		+			1	1	+			+	+	
タチツボスミレ					1	+						
タニギキョウ					+	1						
ニガイチゴ				1								
ホソバテンナンショウ			1		+							
アズキナシ			1									
オウレンsp				1								
キブシ						+	1				+	
サワシバ			1									

[illegible]

区分	柵内			破損 柵内	柵外			極低	低	中	高	激甚
調査地	KN1	KN3	KN12	KN2	KN4	KN5	KN6	KM7	KM8	KM9	KM10	KM11
ヘビノゴネザ		+										
マツカゼソウ										+		
マメザクラ		+					+					
マルバウツギ					+							
ミネカエデ								+				
ミヤマイボタ					+							
ミヤマウズラ							+					
ミヤマタニソバ					+							
ミヤマタニタデ			+	+	+							
ミヤマハコベ			+									
ヤブムラサキ							+					
ヤマイヌワラビ				+	+							
ヤマクワガタ					+	+						
ヤマムグラ					+							
ヨツバムグラ			+		+	+						
リョウブ	+										+	
不明草本		+										
不明草本実生1				+								
不明実生					+							
不明							+					
不明草本実生2											+	
不明木本実生1									+	+		
不明草本実生3										+		
不明木本										+		
不明木本実生2										+		