

## 山地に立地する御代田研究拠点放牧草地の糞虫相とその季節的変動

井村 治・山田大吾<sup>1</sup>

農研機構畜産草地研究所 企画管理部, 那須塩原市, 329-2793

<sup>1</sup> 農研機構畜産草地研究所 山地畜産研究チーム, 御代田町, 389-0201

### 要 約

畜産草地研究所御代田研究拠点（長野県北佐久郡御代田町）の放牧草地において、2002年5月から11月まで標高1,000 m, 1,100 m および 1,200 m の3地点に牛糞トラップ（糞 1 kg 使用）を設置し、放牧草地での牛糞の分解に係わる糞虫相とその季節的変動を調査した。またその糞虫相の特徴と放牧草地での糞分解への寄与について考察した。3調査地点で合計2,320個体が捕獲され、ダイコクコガネ亜科(Scarabaeinae)5種およびマグソコガネ亜科(Aphodiinae)8種、合計13種が記録された。この内6種が糞を土中に埋め込んで利用するタイプの穴掘り屋(tunnelers)で、7種が地上の糞の中に産卵し幼虫が育成するタイプの住込み屋(dwellers)であった。標高によって種ごとの捕獲数は異なったが、各標高で出現した種数と総個体数に大きな違いはなかった。住込み屋と穴掘り屋の個体数比は標高が高いほど小さくなり穴掘り屋が優占した。3地点の合計で最も個体数が多かったのはシナノエンマコガネで、次いでマエカドコエンマコガネ、オオマグソコガネ、コマグソコガネ、ツノコガネの順で、スズキコエンマコガネ、クロマルエンマコガネ、マキバマグソコガネ、ヌバタママグソコガネおよびヨツボシマグソコガネの個体数は少なかった。種豊度(species richness)は $13.2 \pm 0.7$  (S.E.)、また種多様度(Shannon-Wienerの情報量指数 $H'$ )は $1.640 \pm 0.017$  (S.E.)で糞虫相の多様性は低かった。穴掘り屋の糞虫の種数は7月と8月の夏季に最も多くなり11月末には出現しなくなった。住込み屋の糞虫は春により多くの種が出現した。住込み屋の個体数は5月にはトラップ当たり30.2個体であったがその後減少し、7月以後は低い密度であった。穴掘り屋のトラップ当たり個体数は5月22日には55.7で、その後6月まで減少したが夏季の7月と8月は100個体を越え、9月には大きく減少し11月はゼロとなった。穴掘り屋の性比はやや雌に偏っていたが、雄と雌の行動の違いを反映していると推察された。御代田研究拠点の糞虫相には保全上重要な種が含まれ、当放牧草地は糞虫を保全するという観点からも重要な草地であることが示された。糞虫個体数は9月下旬以後を除いておおむね糞分解に十分な密度が生息しており、放牧草地の糞の円滑な分解に貢献していると推察された。

キーワード：山地性放牧草地、糞虫相、季節的変動、保全、糞分解

### 緒 言

放牧草地には甲虫目(Coleoptera)コガネムシ上科(Scarabaeoidea)の多様な糞食性(coprophagous)の糞虫(dung beetle)が生息しており<sup>15,22,26,43,52</sup>、放牧家畜が排泄した糞の分解に寄与し<sup>16,18,31,35,48</sup>、土壌への養分還元<sup>47</sup>や草の生産性向上<sup>1</sup>)に重要な働きをしている。また、山地には標高、植生、斜面、地史・地理や人為的影響な

どにより特徴的な糞虫相が見られるが<sup>7,9,14,28-30</sup>、日本では山地の糞虫相について詳しい調査・分析は行われていない<sup>45</sup>。

畜産草地研究所御代田研究拠点は、1967年に寒冷傾斜地の開発利用を目的に浅間山麓の国有林を整備して発足し(当時は農事試験場山地支場)35年以上の放牧の歴史を持ち<sup>36</sup>、その放牧草地は標高1,000 mを越える山地に立地している。Yamadaら<sup>47</sup>は御代田研究拠点の

草地で、実験的に穴掘り屋の糞虫（糞の下の土に穴を掘り、糞塊を埋め込んで利用するタイプの糞虫, *tunneler*<sup>3)</sup>）の数を変えて牛糞に放虫して試験し、糞虫の個体数が多いほど糞の分解と土壌への養分移行が促進されることを示した。このことは放牧草地の牛糞が円滑に分解され土壌に還元されるには、放牧草地の糞虫個体数が放牧期間を通して十分に維持されることの重要性を示している。公共牧場を始めとした我が国の放牧草地は多くが山地に立地しており、山地性の糞虫相の調査研究はこうした放牧草地の糞虫の多様性やその有用な働きを評価する上で欠くことが出来ない。

本研究では御代田研究拠点の放牧草地の牛糞の分解に係わる糞虫相とその季節的変動を調査した結果を報告し、既に報告した那須研究拠点の藤荷田山長期生態研究草地の糞虫相<sup>22)</sup>や他の報告の結果とも比較してその糞虫相の特徴を論じるとともに、当研究拠点放牧草地での糞虫相の糞分解への寄与についても考察する。

## 材料および方法

### 調査地

畜産草地研究所御代田研究拠点（長野県北佐久郡御代田町塩野）の放牧草地（以後御代田と呼ぶ）は浅間山の南斜面に位置し（北緯 36 度 21 分，東経 138 度 30 分，標高 1,000m～1,200m），27ha のオーチャードグラス主体の人工草地に黒毛和種成牛およそ 60 頭が 5 月から 11 月まで放牧されている。年平均気温は 8.3℃，年降水量は 1,032mm（いずれも平年値）である。

### 調査方法

2002 年 5 月に 2 回、その後 11 月まで月 1 回、標高 1,000 m, 1,100 m および 1,200 m の 3 地点に、直径 22 cm, 深さ 10 cm のプラスチック製のざるに土を入れ牛糞 1 kg（湿重）を置いた早川式牛糞トラップ<sup>15,21)</sup>をそれぞれ 2 個ずつ計 6 個設置した。設置場所は牛によるトラップの破壊を避けるため放牧地のすぐ側とした。また、糞虫の行動に大きく影響を与える強雨などの荒天の日にはサンプリング日には含まれなかった。翌日回収したトラップ内の土と牛糞から糞虫の成虫を分離し、種別に個体数を数えた<sup>21)</sup>。本トラップは放牧草地で排泄された新鮮牛糞を模したもので、放牧草地の地表の牛糞とその下の土中で活動する糞虫相の定量的サンプリングと見なされる。穴掘り屋の糞虫の性は外部形態の違い、あるいは外部形態では不明確な個体は実体顕微鏡下で解剖し、生殖

器の違いによって判別した。

### データ解析

糞虫の種豊度 (species richness) と種多様度 (Shannon-Wiener の情報量指数  $H'$ ) は Chao and Shen<sup>6)</sup> の SPADE を用いて計算した。種豊度は在-不在データを用いて偏りを補正した Chao2<sup>5)</sup>によって推定した。 $H'$  は Jackknife 法<sup>54)</sup>を用いて推定した。

## 結 果

### 糞虫相

3 調査地点で合計 2,320 個体が捕獲され、ダイコクコガネ亜科 (Scarabaeinae) 5 種およびマグソコガネ亜科 (Aphodiinae) 8 種、合計 13 種が記録されたが、糞虫の主要なグループであるセンチコガネ亜科 (Geotrupinae) の種は記録されなかった (表 1)。この内 6 種が穴掘り屋で 7 種が住込み屋 (地上の糞の中に産卵し幼虫が成育する糞虫, *dweller*<sup>3)</sup>) であった。標高 1,000 m, 1,100 m および 1,200 m の各調査地点での種数はほぼ同数の 10～11 種であったが、マグソコガネとウスイロマグソコガネは 1,200 m 地点では採集されなかった。

マエカドコエンマコガネは標高が高いほど個体数が多く、シナノエンマコガネも標高が中間から高い調査地点で多く採集された。ヌバタママグソコガネは標高の高い地点でより多く見られたが、コマグソコガネ、マグソコガネおよびウスイロマグソコガネは標高が低いほど個体数が多かった (表 1)。また住込み屋と穴掘り屋の個体数比は標高が高いほど小さくなり穴掘り屋が優占したが (表 1)、これは穴掘り屋の個体数は標高に大きく影響されなかったが、住込み屋は標高が高くなるほど個体数が減少したことを反映している。3 地点の合計で最も個体数が多かったのはシナノエンマコガネで、次いでマエカドコエンマコガネ、オオマグソコガネ、コマグソコガネ、ツノコガネの順で、スズキコエンマコガネ、クロマルエンマコガネ、マキバマグソコガネ、ヌバタママグソコガネおよびヨツボシマグソコガネの個体数は少なかった。ダイコクコガネ亜科とマグソコガネ亜科の個体数比で見ると比は 1.44 で前者が優占していた。

種豊度は  $13.2 \pm 0.7$  (S.E.)、また種多様度 ( $H'$ ) は  $1.640 \pm 0.017$  (S.E.) であった (表 2)。

### 季節的変動

糞虫の種数や個体数について調査地点による大きな違

表 1. 牛糞トラップで調査した御代田研究拠点の糞虫相

種名	機能グループ <sup>1</sup>	調査地点 (標高 m)			合計
		下 (1,000)	中 (1,100)	上 (1,200)	
<b>コガネムシ科 SCARABAEIDAE</b>					
<b>ダイコクコガネ亜科 Scarabaeinae</b>					
ツノコガネ <i>Liatongus minutus</i> (Motschulsky)	T	33	35	17	85
マエカドコエンマコガネ <i>Caccobius jessoensis</i> Harold	T	120	183	245	548
スズキコエンマコガネ <i>C. suzukii</i> Matsumura	T	0	0	2	2
クロマルエンマコガネ <i>Onthophagus ater</i> Waterhouse	T	1	0	1	2
シナノエンマコガネ <i>O. bivertex</i> Heyden	T	188	299	246	733
<b>マグソコガネ亜科 Ahpodiinae</b>					
オオマグソコガネ <i>Ahpodius quadratus</i> Reiche	T	184	193	155	532
フチケマグソコガネ <i>A. urostigma</i> Harold	D	11	24	3	38
コマグソコガネ <i>A. pusillus</i> (Herbst)	D	239	59	29	327
マグソコガネ <i>A. rectus</i> (Motschulsky)	D	16	6	0	22
マキバマグソコガネ <i>A. pratensis</i> Nomura et Nakane	D	1	0	1	2
ヌバタマグソコガネ <i>A. brevisculus</i> (Motschulsky)	D	0	2	7	9
ヨツボシマグソコガネ <i>A. sordidus</i> (Fabricius)	D	1	1	3	5
ウスイロマグソコガネ <i>A. sublimbatus</i> Motschulsky	D	10	5	0	15
種数		11	10	11	13
D / T 個体数比		0.53	0.14	0.06	0.23
総個体数		804	807	709	2,320

<sup>1</sup> T：穴掘り屋，D：住込み屋。

表 2. 御代田研究拠点の放牧草地の糞虫相の多様性指数

多様性指数	推定値	標準誤差	95% 信頼区間
種豊度 <sup>1</sup>	13.2	0.7	13.0 - 18.0
種多様度 <sup>2</sup>	1.640	0.017	1.607 - 1.673

<sup>1</sup> 在・不在データを用いてバイアス修正した Chao2 で推定した期待種数。

<sup>2</sup> Jackknife 法による Shannon-Wiener の情報量指数  $H'$  の推定値。

いはなかったため (表 1), 3 調査地点のデータをプールして分析を行った。穴掘り屋の糞虫の種数は 7 月と 8 月の夏季に最も多くなり 11 月末には出現しなくなった (図 1)。住込み屋の種数は春に多く出現しその後は減少した。両方を含めた糞虫の総種数は 6 月にピーク (8 種) に達し、その後徐々に減少して 11 月末には住込み屋の 2 種だけとなった。

住込み屋の個体数は 5 月にトラップ当たり 30.2 個体であったがその後減少し、7 月以後は低い密度であった (図 2)。穴掘り屋のトラップ当たり個体数は 5 月 22 日には 55.7 で、その後 6 月まで減少したが夏季の 7 月と 8 月は 100 個体を越えた。また 9 月には大きく減少し 11 月はゼロとなった。両方を含めた総個体数の季節的推移は個体数で優占していた穴掘り屋の個体数変動を反映していた (図 2)。

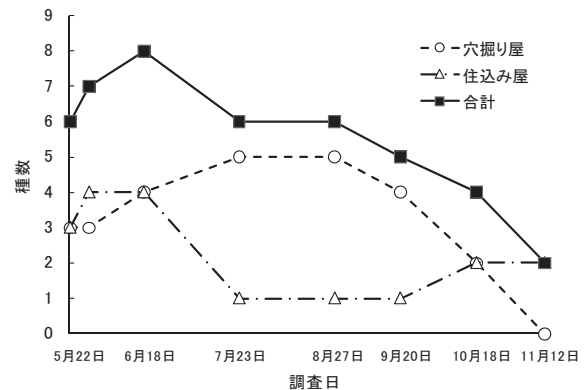


図 1. 御代田研究拠点における放牧草地の糞虫種数の季節的推移

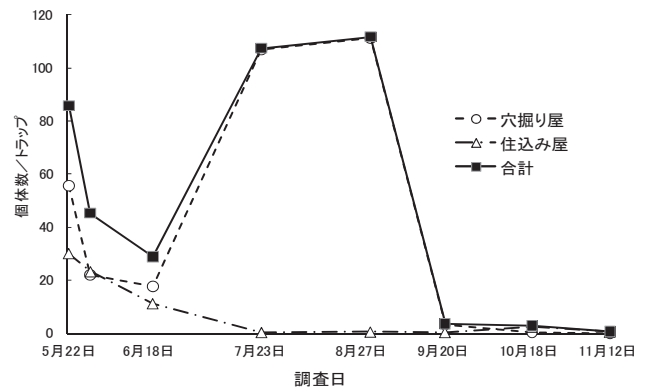


図 2. 御代田研究拠点におけるトラップ当たり (牛糞 1 kg 使用) 糞虫個体数の季節的変動

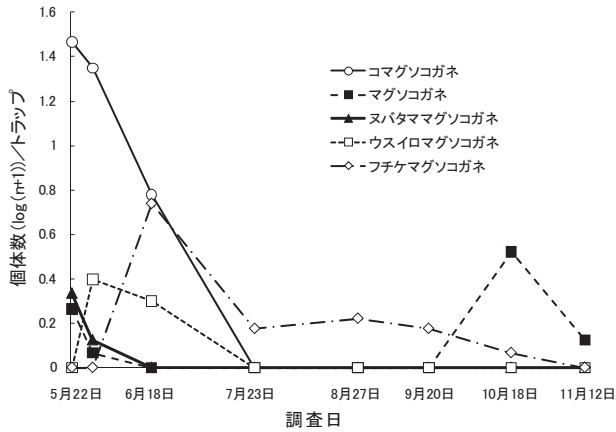


図3. 御代田研究拠点の放牧草地における住込み屋糞虫5種のトラップ当たり(牛糞1kg使用)個体数の季節的変動(縦軸は対数)

図3に住込み屋糞虫5種のトラップ当たり個体数の季節的変動を示した。コマグソコガネは調査開始の5月22日の28.2個体から減少し7月には見られなくなった。ウスイロマグソコガネも5月と6月以後は出現しなかった。ヌバタママグソコガネは5月だけに少数出現した。マグソコガネも同様に5月だけ少数出現したが秋の10月にも小さな発生のピークが見られた。フチケマグソコガネは6月に発生のピークが見られたが(トラップ当たり4.5個体)、それ以外の時期の発生はわずかであった。

図4～7に穴掘り屋の糞虫の個体数の季節的変動を雌雄別に性比(個体数が少ない調査日の性比は省略)とともに示した。ツノコガネの個体数は6月には少なかったが夏季の7月と8月に増加し、9月には減少した(図4)。マエカドコエンマコガネは5月の個体数は多かったが、6月に一度減少し8月まで再び増加して9月には減少した(図5)。シナノエンマコガネとオオマグソコガネも5月の個体数は夏の最盛時に比べて少ないものの同様の季節的変動を示した(図6, 7)。後者のピークは7月となり8月末には減少した。穴掘り屋の性比はいずれの種も雌に偏る傾向が見られた。

## 考 察

### 糞虫相

我が国では山地性の糞虫相の詳細な研究はないが(安田の研究<sup>49-51</sup>)は標高700m)、御代田の糞虫相で優占種であったシナノエンマコガネ、マエカドコエンマコガネおよびツノコガネは山地性とされる<sup>33,45</sup>)。優占種の一つであるオオマグソコガネも塚本<sup>45</sup>)によると山地性とされるが、低地でも見られる種であり、本種は広い標高の

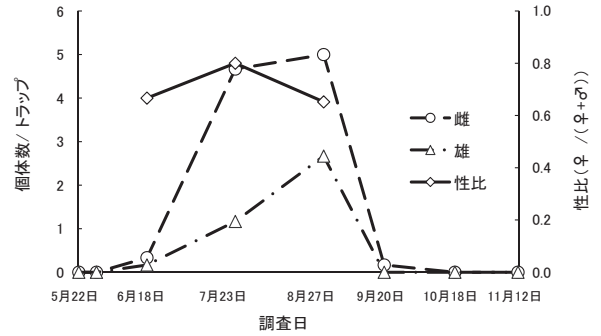


図4. 御代田研究拠点における放牧草地のツノコガネのトラップ当たり(牛糞1kg使用)個体数の季節的変動

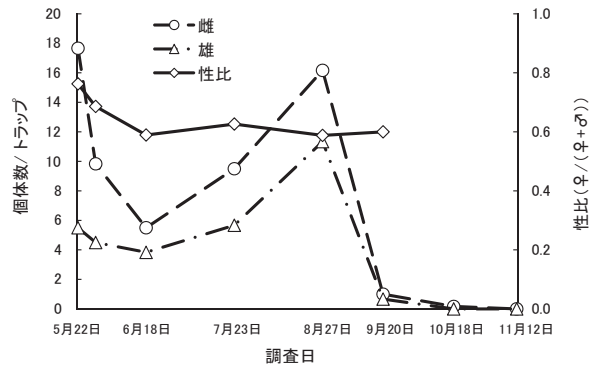


図5. 御代田研究拠点における放牧草地のマエカドコエンマコガネのトラップ当たり(牛糞1kg使用)個体数の季節的変動

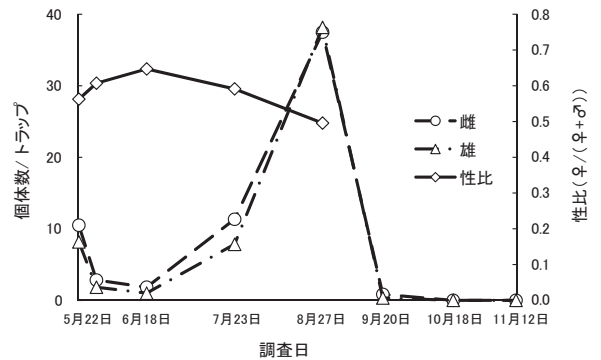


図6. 御代田研究拠点における放牧草地のシナノエンマコガネのトラップ当たり(牛糞1kg使用)個体数の季節的変動

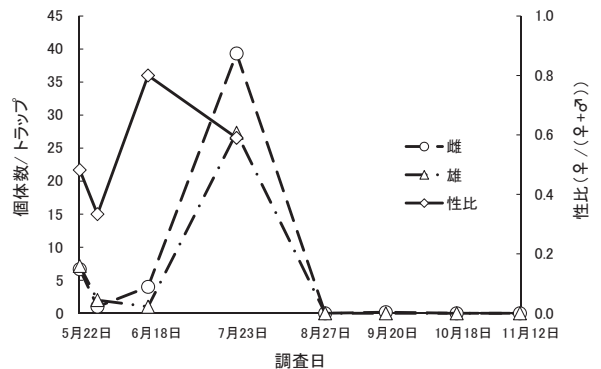


図7. 御代田研究拠点における放牧草地のオオマグソコガネのトラップ当たり(牛糞1kg使用)個体数の季節的変動

範囲で生息する altitude generalist<sup>29)</sup> であろう。個体数の多かったコマグソコガネは、塚本<sup>45)</sup>では低地性とされており、標高の最も低い1,000m地点で個体数が最も多かった。一方、山地性とされるマキバマグソコガネの個体数は少なかった。2000年および2001年の5月末と6月初めに同様の調査が行われ、糞虫種の優占順位は前後したが優占種の構成は変わらなかった<sup>47)</sup>。御代田の糞虫相は山地性および標高の広い範囲で出現する糞虫が優占しているといえる。

御代田の糞虫相は種数では穴掘り屋と住込み屋は均衡していたが、個体数ではシナノエンマコガネやマエカドコエンマコガネを始めとした穴掘り屋が優占していた。一般に緯度や標高が高く気温の低い場所の糞虫相は穴掘り屋が減少し住込み屋が優占するとされ<sup>12,14,17,23,28,30)</sup>、御代田の糞虫相の個体数の優占度のパターンはこれとは異なる傾向を示した。しかし、御代田の緯度に相当するイベリア半島中央山系の1,200～1,500m付近の糞虫相ではやはり穴掘り屋の個体数が86%を占めており、この山系ではマグソコガネ亜科の種が貧弱であるためとされている<sup>32)</sup>。

御代田の糞虫相の多様性は種豊度および種多様度( $H'$ )ともに低く、同様の調査を行った那須研究拠点の藤荷田山草地(標高311m, 年平均気温12.2℃, 年降水量1,503mm(平年値), 以後藤荷田山と呼ぶ)のそれら(種豊度 =  $18.4 \pm 1.1$  (S.E.), 種多様度 =  $18.16 \pm 0.013$  (S.E.)<sup>22)</sup>)と比較しても有意に低かった( $p < 0.05$ )。一般に種豊度<sup>9,10,13,23,28,30)</sup>や種多様度<sup>8,23,30)</sup>で見た糞虫の多様性は標高とともに減少することが知られている(例外は<sup>14,34)</sup>)。御代田と藤荷田山の糞虫相の多様性の違いは気温の変化をともなった標高の違いが主要因であると推察される<sup>24)</sup>。しかし、放牧地周辺の林地の種類や牧草地に係わる景観要素も糞虫の多様性に係わっている事実があり(井村ら 準備中), 山地に立地する放牧地の糞虫相の多様性の考察にはこうした要素も含めたより精細な分析が必要である。

近年草地の生物多様性が失われ、その保全が重要な課題となっている<sup>19,37,40-42,44)</sup>。その生物の一つである糞虫類の多様性も失われつつあると危惧されている<sup>45,46)</sup>。御代田の糞虫相の優占種であるシナノエンマコガネ(長野県準絶滅危惧種)とツノコガネは絶滅の危険度を示す絶滅リスク指数(ERI)では上位20位に入る保全に留意すべき糞虫であり<sup>20)</sup>、また個体数が少なかったスズキコエンマコガネも近年減少しているとされ<sup>46)</sup>、御代田の放牧草地は糞虫の多様性を保全するという観点からも

重要な草地であるといえる。

種数の季節的推移では、住込み屋と穴掘り屋の優占する時期がずれており(seasonal turnover<sup>30)</sup>またはphenological turnover<sup>25)</sup>), 気温の低い地域に適応している前者と気温の温暖な地域に適応している後者<sup>2,3,4,13,14)</sup>の生態学的性質を反映した出現パターンを示している。両者の置き換わりの起こった6月が種数のピークとなった。

ここで議論した山地の糞虫相の構造には地史的、生物地理学的、生態学的な様々な要因が関与しているが(例えば<sup>7,27,29,30,32)</sup>), わが国の山地性の糞虫相についてもこれらの観点からの研究が期待される。

### 個体数変動

住込み屋の個体数の季節的変動では、発生のピークはズれるものの5～6月のピーク以後個体数は減少した。フチケマグソコガネの発生期間は長く、マグソコガネは秋にも春より大きいピークが見られた。藤荷田山でも同じ発生のパターンが見られ<sup>22)</sup>、標高や地域の違いの影響は見られなかった。また国内の異なる地域でも同様の発生パターンが見られており<sup>18,26,49,53)</sup>、ここで見られた発生パターンはそれぞれの種の生活史を反映している<sup>53)</sup>。

穴掘り屋のオオマグソコガネの個体数の季節的変動は同じ*Aphodius*属に属する住込み屋のグループとは異なり7月がピークで、8月以後はわずかな個体しか見られなかった。本種は藤荷田山では他の*Aphodius*属の住込み屋と同様に6月が発生のピークとなりそれ以後の個体数は非常に少なくなった<sup>22)</sup>。高知県<sup>18)</sup>、愛知県<sup>49-51)</sup>、北海道(札幌)<sup>53)</sup>でも同様の発生パターンが見られ、御代田とは異なっていた。しかし、帯広では御代田と同じ7月末に個体数のピークとなり<sup>26)</sup>、本種は標高や気温により可塑的な発生パターンを示すものと推測される。他の穴掘り屋の優占種であるマエカドコエンマコガネ、シナノエンマコガネおよびツノコガネでは、前2者は5月にも個体数の多い時期があるが発生のピークは8月で、春先の産卵世代とその子孫が羽化した当年世代の活動がこれらに相当する。

捕獲された糞虫相の穴掘り屋の性比はいずれの種でもやや雌に偏っていた(図4～7)。穴掘り屋では穴を掘り育児塊や育児球を作るのに雌が主要な働きをし、雄の役割は二次的であるとされる<sup>3,39)</sup>。穴掘り屋では雌は糞とその下の土壤中に長く止まるが、雄は比較的早く糞から移出するため、排糞後の新鮮な糞に働きかけている糞

虫相では雌の性比が高くなると推察される。穴掘り屋の性比は、雌雄の糞利用行動の違いから、糞の分解を含めた糞虫の有益な働きを定量的に評価する上でも考慮する必要がある。

個体数も標高と逆比例すると言われるが<sup>14,32)</sup>(例外は<sup>38)</sup>、御代田の糞虫個体数は9月下旬以後を除いておおむね糞分解に十分な密度(牛糞1kgあたり40個体以上)<sup>47)</sup>が生息しており、御代田の放牧草地の糞の円滑な分解に貢献しているものと推察される。

### 引用文献

- 1) Bang, H.S., Lee, J.-H., Kwon, O.S., Na, Y.E., Jang, Y.S. and Kim, W.H. (2005). Effects of paracoprid dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) on the growth of pasture herbage and on the underlying soil, *Appl. Soil Ecol.*, 29, 165-171.
- 2) Cambefort, Y. (1991). Dung beetles in tropical savanna, In *Dung Beetle Ecology* (Hanski, I. and Cambefort, Y. eds.), 156-178, Princeton University Press, Princeton
- 3) Cambefort, Y. and Hanski, I. (1991). Dung beetle population biology, In *Dung Beetle Ecology* (Hanski, I. and Cambefort, Y. eds.), 36-50, Princeton University Press, Princeton
- 4) Cambefort, Y. and Walter, P. (1991). Dung beetles in tropical forest in Africa, In *Dung Beetle Ecology* (Hanski, I. and Cambefort, Y. eds.), 198-210, Princeton University Press, Princeton
- 5) Chao, A. (2005). Species estimation and applications, In *Encyclopedia of Statistical Sciences* (Balakrishnan, N., Read, C.B. and Vidakovic, B. eds.), 7907-7916, Wiley, New York
- 6) Chao, A. and Shen, T.-J. (2010). Program SPADE (Species Prediction And Diversity Estimation). Program and User's Guide (<http://chao.stat.nthu.edu.tw>)
- 7) Davis, A.L.V., Scholtz, C.H. and Chown, S.L. (1999). Species turnover, community boundaries and biogeographical composition of dung beetle assemblages across an altitudinal gradient in South Africa, *J. Biogeogr.*, 26, 1039-1055.
- 8) Errouissi, F., Jay-Robert, P., Lumaret, J.-P. and Piau, O. (2004). Comparison and structure of dung beetle (Coleoptera: Aphodiidae, Geotrupidae, Scarabaeidae) assemblages in mountain grasslands of the Southern Alps, *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 97, 701-709.
- 9) Escobar, F., Halffter, G. and Arellano, L. (2007). From forest to pasture: an evaluation of the influence of environment and biogeography on the structure of dung beetle (Scarabaeinae) assemblages along three altitudinal gradients in the Neotropical region, *Ecography*, 30, 193-208.
- 10) Finn, J.A., Gitting, T. and Giller, P.S. (1999). Spatial and temporal variation in species composition of dung beetle assemblages in southern Ireland, *Ecol. Entomol.*, 24, 24-36.
- 11) Gill, B. C. (1991). Dung beetles in tropical American forests, In *Dung Beetle Ecology* (Hanski, I. and Cambefort, Y. eds.), 211-229, Princeton University Press, Princeton
- 12) Hanski, I. (1991). North temperate dung beetles, In *Dung Beetle Ecology* (Hanski, I. and Cambefort, Y. eds.), 75-96, Princeton University Press, Princeton
- 13) Hanski, I. and Cambefort, Y. (1991). Species richness, In *Dung Beetle Ecology* (Hanski, I. and Cambefort, Y. eds.), 350-365, Princeton University Press, Princeton
- 14) Hanski, I. and Krikken, J. (1991). Dung beetles in tropical forests in South-East Asia, In *Dung Beetle Ecology* (Hanski, I. and Cambefort, Y. eds.), 179-197, Princeton University Press, Princeton
- 15) 早川博文・川崎金治・神長毎夫 (1976). 岩手県西根町における牛糞内のフン虫類, *北病虫研会報*, 27, 114.
- 16) Holter, P. (1979). Effects of dung-beetles (*Aphodius* spp.) and earthworms on the disappearance of cattle dung, *Oikos*, 32, 393-402.
- 17) Hortal-Muñoz, J., Martín-Piera, F. and Lobo, J.M. (2000). Dung beetle geographic diversity variation along a Western Iberian latitudinal transect (Coleoptera: Scarabaeidae), *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 93, 235-243.
- 18) 細木康彦 (1985). 暖地放牧地における食糞性コガネムシ類の生態と利用に関する研究, *高畜試研報*, 14, 1-151.
- 19) 井村 治 (2004). 草原性チョウ類から見た草地の生物多様性保全の問題点, *農業および園芸*, 79, 352-357.

- 20) 井村 治 (2007). 放牧草地における糞虫の多様性と働き, 日草誌, 53, 47-51.
- 21) 井村 治・森本信生 (2004). 節足動物, 草地科学実験・調査法 (日本草地学会編), 全国農村教育協会, 東京, 337-340.
- 22) 井村 治・森本信生・時 坤 (2008). 藤荷田山長期生態研究草地の糞虫相の特徴と動態, 畜草研報, 8, 1-9.
- 23) Jay-Robert, P., Lobo, J.M. and Lumaret, J.-P. (1997). Altitudinal turnover and species richness variation in European montane dung beetle assemblages, *Arc. and Alp. Res.*, 29, 196-205.
- 24) Jay-Robert, P., Errouissi, F. and Lumaret, J.-P. (2008). Temporal coexistence of dung-dweller and soil-digger dung beetles (Coleoptera, Scarabaeoidea) in contrasting Mediterranean habitats, *Bull. Entomol. Res.*, 98, 303-316.
- 25) Jay-Robert, P., Lumaret, J.-P. and Lebreton, J.-D. (2008). Spatial and temporal variation of mountain dung beetle assemblages and their relationships with environmental factors (Aphodiinae: Geotrupinae: Scarabaeinae), *Ann. Entomol. Soc. America*, 101, 58-69.
- 26) Kuramochi, K., Isai, N. and Yamashina, T. (2000). Distribution and seasonal prevalence of dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) in grazing pastures in Tokachi district, *Grassl. Sci.*, 46, 229-233.
- 27) Lobo, J.M. (2000). Species diversity and composition of dung beetle (Coleoptera: Scarabaeoidea) assemblages in North America, *Can. Entomol.*, 132, 307-321.
- 28) Lobo, J.M. and Halffter, G. (2000). Biogeographical and ecological factors affecting the altitudinal variation of mountainous communities of coprophagous beetles (Coleoptera: Scarabaeoidea): a comparative study, *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 93, 115-126.
- 29) Lobo, J.M., Chehlarov, E. and Guéorguiev, B. (2007). Variation in dung beetle (Coleoptera: Scarabaeoidea) assemblages with altitude in the Bulgarian Rhodopes Mountains: a comparison, *Eur. J. Entomol.*, 104, 489-495.
- 30) Lumaret, J.-P. and Stiernet, N. (1991). Montane dung beetles, In *Dung Beetle Ecology* (Hanski, I. and Cambefort, Y. eds.), 242-254, Princeton University Press, Princeton
- 31) Lumaret, J.-P. and Kadiri, N. (1995). The influence of the first wave of colonizing insects on cattle dung dispersal, *Pedobiologia*, 39, 506-517.
- 32) Martin-Piera, F., Veiga, C.M. and Lobo, J.M. (1992). Ecology and biogeography of dung-beetle communities (Coleoptera, Scarabaeoidea) in an Iberian mountain range, *J. Biogeogr.*, 19, 677-691.
- 33) 益本仁雄 (1967). 日本産コガネムシ類解説〔食糞群〕 I ~ X I, 昆虫と自然, 2, (1)33-35, (2)31-34, (3)24-26, (4)14-17, (5)29-32, (6)24-27, (7,8)25-28, (9)26-29, (10)26-29, (11)32-35, (12)20-22.
- 34) Menéndez, R. and Gutiérrez, D. (1996). Altitudinal effects on habitat selection of dung beetles (Scarabaeoidea: Aphodiidae) in the northern Iberian peninsula, *Ecography*, 19, 313-317.
- 35) Nakamura, Y. (1975). Decomposition of organic materials and soil fauna in pasture. 3. Disappearance of cow dung and associated soil macrofaunal succession, *Pedobiologia*, 15, 210-221.
- 36) 農林水産省農事試験場 (1981). 農事試験場研究史, 農林水産省農事試験場, 鴻巣, 527 p.
- 37) 大窪久美子 (2002). 日本の半自然草地における生物多様性研究の現状, 日草誌, 48, 268-276.
- 38) Romero-Alcaraz, E. and Ávila, J.M. (2000). Effect of elevation and type of habitat on the abundance and diversity of Scarabaeoid dung beetle (Scarabaeoidea) assemblages in a Mediterranean area from Southern Iberian Peninsula, *Zool. Stud.*, 39, 351-359.
- 39) Scholtz, C. H., Davis, A. L. V. and Kryger, U. (2009). *Evolutionary Biology and Conservation of Dung Beetles*, Pensoft, Sofia, 567 p.
- 40) 時 坤・井村 治 (2004). 草地における鳥類の多様性保全, 畜産の研究, 58, 457-461.
- 41) 高橋佳孝 (2002). 草食家畜の生産と農村景観, 中山間地と多面的機能 (田淵俊雄・塩見正衛編), 農林統計協会, 東京, 115-140.
- 42) 高橋佳孝・中越信和 (1999). ヒトがつくりあげた日本の草地, 遺伝, 53, 16-20.
- 43) 富樫一次 (1980). 石川県の草地に生息するフン虫類, 北病虫研会報, 28, 96-99.
- 44) Tsukada, H., Imura, O. and Shi, K. (2004). *Conservation and management of grassland*

- biodiversity in East Asia, In Ecological Issues in a Changing World - Status, Response and Strategy (Hong, S.-K., Lee, J.A., Ihm, B.-S., Farina, A., Son, Y., Kim, E.-S. and Choe, J.C. eds.), 157-172, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht
- 45) 塚本珪一 (1994). 日本糞虫記, 青土社, 東京, 231 p.
- 46) 塚本珪一 (2003). 日本列島フン虫記, 青土社, 東京, 225 p.
- 47) Yamada, D., Imura, O., Shi, K. and Shibuya, T. (2007). Effect of tunneler dung beetles on cattle dung decomposition, soil nutrients and herbage growth, *Grassl. Sci.*, 53, 121-129.
- 48) 山下伸夫・早川博文 (1992). 放牧牛糞の分解消失及びそれに伴う甲虫相の変化, *東北農試研報*, 84, 133-141.
- 49) 安田弘法 (1984). 愛知県の山地における食ふん性コガネムシの発生消長, *応動昆*, 28, 217-222.
- 50) Yasuda, H. (1987). Differences in temporal utilization patterns of dung pats among three scarabaeid dung beetles, *Res. Popul. Ecol.*, 29, 167-177.
- 51) Yasuda, H. (1987). Reproductive properties of two sympatric dung beetles, *Aphodius haroldianus* and *A. elegans* (Coleoptera: Scarabaeidae), *Res. Popul. Ecol.*, 29, 179-187.
- 52) 安田弘法 (1998). 日本の放牧地に生息する食糞性コガネムシ群集の特徴, *昆虫と自然*, 33, 11-16.
- 53) Yoshida, N. and Katakura, H. (1985). Life cycles of *Aphodius* dung beetles (Scarabaeidae, Coleoptera) in Sapporo, Northern Japan, *Environ. Sci. Hokkaido*, 8, 209-229.
- 54) Zahl, S. (1977). Jackknifing an index of diversity, *Ecology*, 58, 907-913.



# Fauna and Seasonal Dynamics of Dung Beetles of the Pasture of Mountainous Grassland Research Station, NILGS

Osamu IMURA and Daigo YAMADA<sup>1</sup>

Department of Planning and General Administration,  
National Institute of Livestock and Grassland Science, NARO, Nasushiobara, 329-2793 Japan

<sup>1</sup> Mountainous Grassland Farming Research Team,  
National Institute of Livestock and Grassland Science, NARO, Miyota, 389-0201 Japan

## Summary

Fauna and seasonal dynamics of dung beetles were determined by assessing insects caught in basket traps baited with 1 kg cattle dung at altitudes of 1,000 m, 1,100 m and 1,200 m from May to November on the pasture of the Mountainous Grassland Research Station, NILGS at Miyota, Nagano. In total, 2,320 individuals belonging to five species of Scarabaeinae and eight species of Aphodiinae were captured. Six species were tunnelers and seven were dwellers. Although the number of individuals captured in each species varied depending on altitude, the number of species and the total number of individuals were almost equivalent across altitudes. The ratio of dwellers to tunnelers was decreased as tunnelers dominated more with increasing altitude. The most abundant was *Onthophagus bivertex* Heyden, followed by *Caccobius jessoensis* Harold, *Ahpodius quadratus* Reiche, *A. pusillus* (Herbst), and *Liatongus minutus* (Motschulsky) in decreasing order. The individual number of *C. suzukii* Matsumura, *Onthophagus ater* Waterhouse, *A. pratensis* Nomura et Nakane, *A. brevisculus* (Motschulsky), and *A. sublimbatus* Motschulsky were small. The expected species richness estimated by the bias-corrected Chao2 estimator was  $13.2 \pm 0.7$  (S.E.) and Shannon-Wiener's  $H'$  was  $1.640 \pm 0.017$  (S.E.), indicating the diversity of the fauna was low. The number of tunneler species increased in July and August, whereas that of dwellers was abundant in spring. The individual number of dwellers was 30.2 per trap in May, and thereafter it decreased. The individual number of tunnelers was abundant in May; after a decrease in June it increased in July and August exceeding 100 per trap. The sex ratio of dominant tunneler species tended to favor females possibly due to different roles of males and females in the nests. We concluded that the pasture was important for conservation of rare dung species and this fauna could contribute to dung decomposition effectively on the pasture.

Key words : mountainous pasture, dung beetle fauna, seasonal dynamics, conservation, dung decomposition