農研機構
NARO 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

Fauna and Temporal Dynamics of Dung Beetles of the Fujinita-Yama Pasture, a Long-Term Ecological Research Site

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2019-03-22 キーワード (Ja): キーワード (En): Fujinita-Yama long-term ecological research site, Zoysia japonica pasture, Dang beetle fauna, Diversity, Temporal dynamics 作成者: 井村, 治, 森本, 信生, 時, 坤 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24514/00002144

藤荷田山長期生態研究草地の糞虫相の特徴と動態

井村　治・森本信生[1)]・時　坤[2)]

草地多面的機能研究チーム

[1)] 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構　中央農業総合研究センター

[2)] College of Nature Conservation, Beijing Forestry University

要　約

畜産草地研究所の藤荷田山長期生態研究草地（藤荷田山）のシバ型放牧草地の糞虫相とその動態について，1999年から2001年と2003年から2005年にザルを用いた牛糞トラップを使い5月から10月の放牧期間に月1回調査し，その特徴を近隣の畜産草地研究所西地区（畜草研西）と自由学園那須農場南地区（自由学園南）の放牧草地での調査結果と比較して明らかにした。また藤荷田山生態研究草地の糞虫による生物多様性保全機能および養分循環に係わる糞分解への働きについても考察した。藤荷田山ではセンチコガネ亜科2種，ダイコクコガネ亜科6種，マグソコガネ亜科10種を含む18種が記録された。藤荷田山のChao2（Chao 1987）で推定した期待種数（18.4）は畜草研西（15.8）とは有意に異ならなかったが，自由学園南（11.1）より有意に大きかった。藤荷田山の糞虫相の種多様度（Shannon-Wienerの多様度指数H'）は1.816で大きく，畜草研西と自由学園南の糞虫相の種多様度（それぞれ1.365と1.521）と比較して有意に大きかった。藤荷田山の糞虫相では住込み屋（dwellers）と穴掘り屋（tunnelers）タイプの同数の種数が生息していた。藤荷田山の糞虫相は畜草研西と自由学園南の糞虫相との類似度（Morishita-Hornの類似度指数）は低かった。これらの結果，藤荷田山の糞虫相は他の二つの放牧草地とは異なる多様で特徴的な群集構成を持っており，藤荷田山長期生態研究草地は糞虫の多様性保全の観点から重要な草地であることが示された。藤荷田山の糞虫の年間の個体数変動は春から夏にかけて上昇し，9月，10月に減少するパターンと夏に減少して逆に10月に上昇するパターンが見られた。個体数の季節的変動は近隣の放牧草地のそれと同調しており，藤荷田山の変動はこの地域の共通の変動パターンを示していると考えられた。藤荷田山草地の糞虫相の6年間の年次的な個体数変動は安定しており，また季節的変動では終牧時の10月あるいは夏に個体数が減少する年があるものの，概ね個体数は高く保たれていた。これらは藤荷田山の糞虫相は糞の分解による養分循環に有効な機能を果たしていることを示唆した。

キーワード：藤荷田山長期生態研究草地，シバ型放牧草地，糞虫相，多様性，個体数動態

緒　言

畜産草地研究所（以下畜草研）の藤荷田山の長期生態研究草地では様々な研究が行われてきた[5)]。その多くは一次生産者である植生の動態や物質生産また牛を含めた草地の物質・エネルギー循環に係わる研究であるが，牛を除く消費者や分解者に係わる調査・研究も少なからず行われてきた[10, 20-25, 35)]。

放牧草地では大量の糞が家畜によって排泄される。放牧草地にはその糞を利用し分解する糞虫（コガネムシ上科Scarabaeoideaの食糞性の昆虫）が多数生息しており，1）草地の養分循環の促進，2）土壌構造の改善，3）ハエ等の発生の抑制，4）家畜の内部寄生虫の減少，5）不食過繁地の減少等，有益な機能を果たしている[1)]。藤荷田山草地では中村[21, 22)]，Nakamura[23)]によって牛糞の分解との関連で糞虫相が報告されているが，詳細な糞虫相や長期的動態に関しての研究は行われていない。また，

2007年6月25日受付

近年これらの重要な働きをしている糞虫の多様性が減少しその保全が重要な問題となっており[11]，放牧草地の糞虫の多様性についての現況を明らかにしておく必要がある。

本研究では1999年から2001年と2003年から2005年に調査した藤荷田山長期生態研究草地の糞虫相とその動態について，それらの特徴を近隣の草地の調査結果と比較して明らかにする。また藤荷田山生態研究草地の糞虫相から見た生物多様性保全機能および養分循環に係わる糞分解への糞虫の働きについても考察する。

材料および方法

調査草地

藤荷田山南斜面の約4haのシバ（*Zoysia japonica*）型放牧草地（北緯36°55’12”，東経139° 57’20”，標高316m，1976年造成）を4牧区に分け，黒毛和種（*Bos taurus*）成牛10頭前後を1週間間隔で5月から10月まで輪換放牧を行った。藤荷田山南面草地は1974年に人工草地として造成され，以後放牧密度や施肥量を変えた放牧実験が行われてきたが[27]，1994年以後は上記放牧条件でシバ草地化が図られた。2005年は同草地を1牧区として同頭数による定置放牧に変更した。

比較のために1999年～2001年は所内の畜草研西地区（北緯36°54’40”，東経139°55’52”，標高308m，藤荷田山調査地から2.8km西方，ペレニアルライグラス（*Lolium perenne*）混播草地8ha，ホルスタイン21～25頭放牧）と2003年～2005年は近隣の自由学園那須農場の南地区（北緯36°5’54”，東経139°58’48”，標高303m，藤荷田山調査地から2.1km東方，ペレニアルライグラス草地8～10ha，ホルスタイン育成＋乾乳牛26～35頭放牧，2001年放牧開始）の放牧草地を調査対象とした。畜草研西地区の放牧草地は調査開始以前も同様の管理が行われていた。また自由学園南地区では駆虫薬イベルメクチンが使用された。

各調査放牧地周囲の植生・土地利用は，藤荷田山：クリ・クヌギ・コナラ優占保全林，落葉広葉樹林帯を挟んで高速道路，アズマネザサとススキ草地および採草・放牧兼用の人工草地；畜草研西地区：アカマツの優占する二次林，採草・飼料作物圃場，畜舎，パドックおよび水田；自由学園南地区：採草・飼料作物圃場（2004年より一部を搾乳牛の放牧草地として利用），河畔林を挟んで河川敷，クヌギ・コナラ優占二次林，杉林，宿泊・研修施設，畜舎，および水田であった。

糞虫調査

1999年～2001年と2003年～2005年に5月から10月までの放牧期間に各月1回（1999年5月，2003年5，7月は実施せず）糞虫の個体数調査を行った。糞虫の調査は以下のザル（笊）を用いた牛糞トラップ法を用いて行った[12]。直径20cm，深さ8cmのプラスチックのザルを縁まで土中に埋め，ザルの中に上部まで園芸用黒ボク土を満たして，その上に400gの生牛糞を置いた。牛糞は予め生草または乾草だけを食べた舎飼の牛より集め，秤量してポリ袋に詰めて冷凍庫で保存し，使用前に解凍した。ザルトラップは各調査草地にトランセクトにそって約10m間隔で3個設置した。およそ24時間後に糞をザルごと回収し持ち帰って，水の入ったバケツに入れて攪拌後水面に浮上した成虫を網ですくって採集した。

データ解析

以下の解析は上記調査による成虫の種数と個体数に基づいて行った。各糞虫相の種数の比較には，藤荷田山の調査期間（6年）は畜草研西地区（3年）や自由学園南地区（3年）と等しくなかったので，在-不在データによるChao2[3]で推定した期待種数を用いた[31]。また各糞虫相間の類似性を種数とサンプルサイズに影響を受け難いMorishita-Hornの類似度（similarity）指数により評価した[19]。糞虫相の期待種数，種多様度（species diversity，Shannon-Wienerの情報量指数*H’*）およびMorishita-Hornの類似度指数の計算はSPADE（Species Prediction And Diversity Estimation）[4]を用いた。住込み屋（dwellers）種数/穴掘り屋（tunnelers）種数の比率の検定は*G*-test[29]で行った。Wilcoxonの符号順位検定およびSpearmanの順位相関係数の計算にはJMP6[26]を用いた。

結果と考察

糞虫相

表1に藤荷田山と近隣の畜草研西地区および自由学園南地区の糞虫相を示した。1999年から2005年にかけて調査した藤荷田山のシバ型放牧草地ではセンチコガネ亜科2種，ダイコクコガネ亜科6種，マグソコガネ亜科10種を含む18種が記録された。この他に放牧牛の排泄糞の中からオオフタホシマグソコガネ*Aphodius elegans* Allibert，また草地の節足動物調査のための吸引サンプリングでコケシマグソコガネ*Myrhessus samurai*（Balthasar）が採集された。この内，オオセンチコガネ，ツノコガネ，ゴホンダイコクコガネ，オオフタホシマグソコガネ，オオマグソコガネ，スジマグソコガネ，コマグソコガネ，

マキバマグソコガネおよびコケシマグソコガネは，栃木県のレッドリストには挙げられていないがレッドリスト種として挙げている都道府県もあり，特に初めの4種は絶滅の危険度指数が高く保全上注意を要する種である[11]。藤荷田山の放牧草地で記録された糞虫の種数は近隣の畜草研西地区と自由学園南地区の放牧草地の糞虫相に比べて種数が多かった。異なるサンプルサイズに基づく種数を比較するために，Chao2[3]で推定した期待種数を表2に示した。藤荷田山の期待種数18.4は畜草研西地区（15.8）とは有意に異ならなかったが，自由学園南地区（11.1）より有意に大きかった（p<0.05）。また藤荷田山は栃木県北東部で調査した放牧草地のなかでも最も糞虫の種数の多い草地の一つであった（Imuraら未発表）。栃木県ではこれまでにこれら3亜科に属する糞虫は55種が記録されており[34]，オオフタホシマグソコガネとコケシマグソコガネを含めると藤荷田山では栃木県内記録種の36.4%の種が出現している。

藤荷田山糞虫相の種多様度（Shannon-Wienerの多様度指数H'）は1.816と大きく，畜草研西地区と自由学園南地区の糞虫相の多様度指数（それぞれ1.365と1.521）と

表1．牛糞トラップで調査した藤荷田山と近隣の放牧草地の糞虫相

種　名	機能グループ[1]	藤荷田山[2]	畜草研西地区	自由学園南地区[3]
センチコガネ亜科　Geotrupinae				
オオセンチコガネ　*Phelotrupes auratus* (Motschulsky)	T	○	○	
センチコガネ　*Phelotrupes laevistriatus* (Motschulsky)	T	○		
ダイコクコガネ亜科　Scarabaienae				
ツノコガネ　*Liatongus minutus* (Motschulsky)	T	○		
ゴホンダイコクコガネ　*Copris acutidens* Motshulsky	T	○	○	
カドマルエンマコガネ　*Onthophagus lenzii* Harold	T	○	○	○
クロマルエンマコガネ　*Onthophagus ater* Waterhouse	T	○	○	○
フトカドエンマコガネ　*Onthophagus fodience* Waterhouse	T	○	○	
コブマルエンマコガネ　*Onthophagus atripennis* Waterhouse	T	○		○
マグソコガネ亜科　Aphodiinae				
オオマグソコガネ　*Aphodius quadratus* Reiche	T	○	○	○
ウスグロマグソコガネ　*Aphodius comatus* A. Schmidt	D	○		
スジマグソコガネ　*Aphodius rugosostriatus* Waterhouse	D	○	○	○
フチケマグソコガネ　*Aphodius urostigma* Harold	D	○	○	○
コマグソコガネ　*Aphodius pusillus* (Herbst)	D	○	○	○
マグソコガネ　*Aphodius rectus* (Motschulsky)	D	○	○	○
マキバマグソコガネ　*Aphodius pratensis* Nomura et Nakane	D	○	○	
ヨツボシマグソコガネ　*Aphodius sordidus* (Fabricius)	D	○	○	○
オビマグソコガネ　*Aphodius uniplagiatus* Waterhouse	D	○	○	○
ウスイロマグソコガネ　*Aphodius sublimbatus* Motschulsky	D	○	○	○
総　種　数		18	14	11
D（住込み屋）/ T（穴掘り屋）　比[4]		1.00 n.s.	1.33 n.s.	1.75 n.s.

[1]穴掘り屋：T，住込み屋：D。
[2]草地に牛が排泄した糞よりオオフタホシマグソコガネ*Aphodius elegans* Allibertが採集された。草地の吸引サンプリングによりコケシマグソコガネ*Myrhessus samurai* (Balthasar)が採集された。
[3]同農場北地区の牧区でフトカドエンマコガネが採集された。センチコガネが落葉樹林内に仕掛けたトラップで採集された。
[4] n.s.: *G*-testによる3放牧草地の糞虫相のD / T比の比較で有意差なし。

表2．藤荷田山，畜草研西地区，自由学園南地区の放牧草地における糞虫相の多様性指数

多様性指数	藤荷田山			畜草研西地区			自由学園南地区		
	推定値	標準誤差	95%信頼区間	推定値	標準誤差	95%信頼区間	推定値	標準誤差	95%信頼区間
種数[1]	18.4[a]	1.1	18.0-25.3	15.8[a]	2.4	14.2-27.4	11.1[b]	0.3	11.0-13.3
多様度[2]	1.816[a]	0.013	1.791-1.841	1.365[b]	0.019	1.327-1.403	1.521[c]	0.01	1.550-1.514

[1] Chao2[3]で推定した期待種数。在－不在データを用いて計算。異記号間は有意差あり（p<0.05）。
[2] Jackknife法によるShannon-Wienerの情報量指数H'の推定値[45]。異記号間は有意差あり（p<0.001）；有意水準はSolow[30]のboot-strap法で推定。

比較しても有意に大きかった（p<0.001）（表 2）。

糞虫は糞を利用する方法にいくつかのタイプがあり，機能グループと呼ばれている[2,7]。藤荷田山の糞虫相は，排泄された地表の糞の中に入って摂食し産卵する機能グループ（住込み屋，dwellers ）と糞の下の土に縦穴を掘って地表の糞から糞塊を運び込み，これに卵を産んで幼虫を育てる機能グループ（穴掘り屋，tunnelers）に分けられ，前者は緯度の高い冷涼な地域，後者は緯度の低い温暖な地域で優占する[2,8,17]。住込み屋と穴掘り屋の種数の比（D/T 比）は藤荷田山で 1.00 であり，畜草研西地区と自由学園南地区はそれぞれ 1.33 と 1.75 で住込み屋が優勢であるが，三放牧草地のＤ / Ｔ比に統計的有意差は認められず（G-test, p>0.05），また D : T=1 : 1 からも有意に乖離しておらず（G-test, p>0.05），この地域では二つの機能グループの間でほぼ同数の種数が生息していると言える。どちらの機能グループの糞虫種にとってもこの地域の気候条件は生息に適していることを示唆している。

藤荷田山および比較した二つの放牧草地の糞虫相の類似度を Morishita-Horn 指数[19] で評価した（表 3）。指数は畜草研西地区と自由学園南地区の糞虫相は類似度が高いが，藤荷田山の糞虫相は両糞虫相との類似度が低いことを示した。藤荷田山の糞虫相は比較した他の二つの草地の糞虫相とは異なる特徴的な群集構成を持っていると言える。

イベルメクチンを含むマクロライド系の駆虫薬は施用された家畜の糞とともに排泄されてそれを利用する糞虫の生存，発育や繁殖に悪影響を与えることが知られている[13,14,18,36,38]。自由学園南地区は放牧牛にイベルメクチンが施用されていたため，その糞虫相は駆虫薬によって影響を受けていた可能性がある。しかしイベルメクチンの野外の糞虫相への影響は必ずしも明確でない[15,33]。

藤荷田山の放牧草地の糞虫相は多様性が高く，また特徴的な群集構成を持っているのは，生態研究草地内の落葉樹林が保全されており草地の周辺環境の自然度が高いこと（Imura ら未発表）と，おそらく放牧草地としての歴史が長いこと[37]（畜草研の前身である 1941 年開設の馬事研究所時代を入れると約 60 年）がその要因だと推測される。これらの結果から，藤荷田山の放牧草地はその糞虫相から見て生物多様性を保全する上で重要な草地だと言える。

表 3．藤荷田山，畜草研西地区および自由学園南地区の放牧草地における糞虫相の Morishita-Horn 指数による類似度

	藤荷田山	畜草研西地区	自由学園南地区
藤荷田山	1	0.304	0.413
畜草研西地区		1	0.827
自由学園南地区			1

個体数動態

藤荷田山の糞虫のトラップ当たり個体数（全種の個体数をプールした）の変化を図 1 に示した。また比較のために同日に調査した畜草研西地区（1999 年～ 2001 年）および自由学園南地区（2003 年～ 2005 年）の放牧草地の糞虫の個体数変動を図 2 に示した。藤荷田山の糞虫の季節

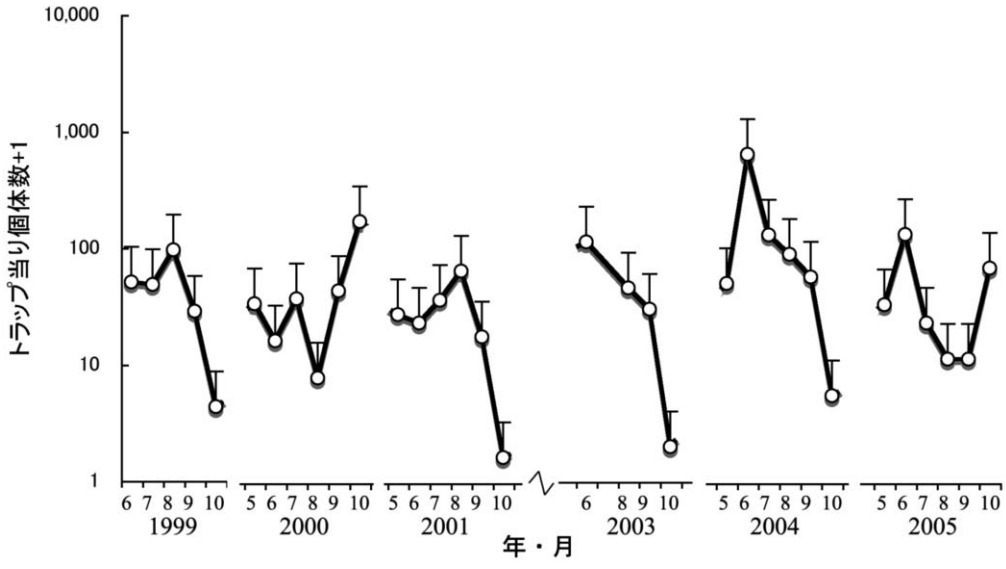


図 1．藤荷田山放牧草地における糞虫個体数（トラップ当たり）の変動.（縦棒は標準偏差）

的な個体数変動は春から夏にかけて上昇し，9 月，10 月に減少するパターンと夏に減少して逆に 10 月に上昇するパターンが見られた。個々の種について見ると，コマグソコガネとオオマグソコガネは春に，スジマグソコガネとオビマグソコガネは 6 ～ 7 月，またカドマルエンマコガネはいずれの月にも個体数が多い傾向が見られた（図 3）。同様の種に特徴的な個体数の季節的変動は他地域の放牧草地の糞虫相でも報告されている[16, 37, 39, 44]。藤荷田山の糞虫個体数の 6 年間の季節的変動パターンは対応する時期の畜草研西地区および自由学園南地区のパターンと類似しており（図 1，図 2），個体数の高い相関を示した（Spearman の順位相関係数 ρ =0.584, p<0.001）。この結果は糞虫個体数の季節的変動は地域的に同調しており，藤荷田山の変動はこの地域の共通の変動パターンを示していると考えられる。

前後半各 3 年間の藤荷田山の月ごとの糞虫個体数（トラップ当たり）の平均値は同日に調査した畜草研西地区または自由学園南地区の方が多く，また変動係数で評価した個体数の変動幅は藤荷田山と比較して畜草研西地区は大きく，自由学園南地区は小さかった（表 4）。しかし藤荷田山と近隣の放牧草地の糞虫の平均個体数と変動の大きさに統計的に有意な違いは認められなかった（表 4）。ま

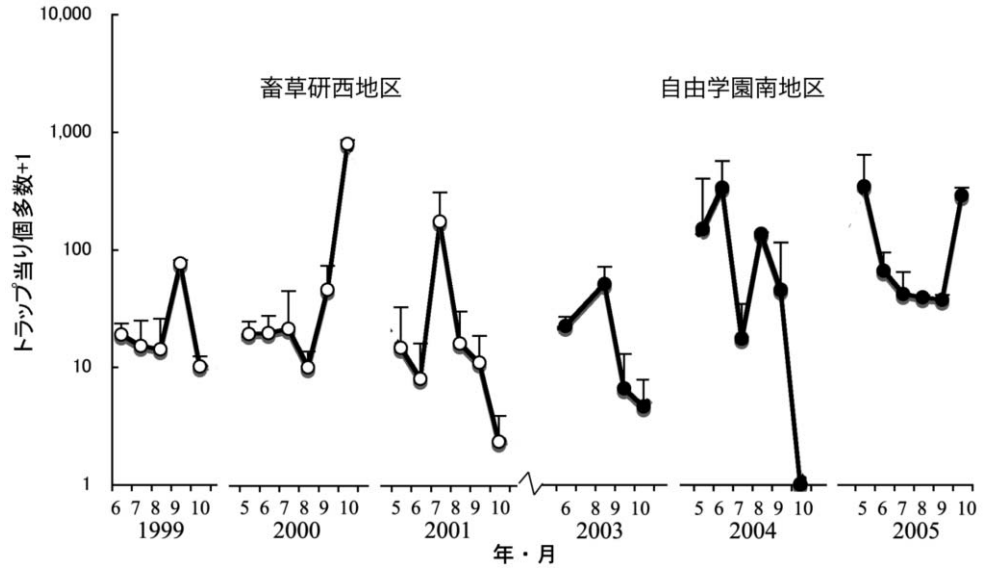


図 2．畜草研西地区（1999 年～ 2001 年）と自由学園南地区（2003 年～ 2005 年）の放牧草地における糞虫個体数（トラップ当たり）の変動.（縦棒は標準偏差）

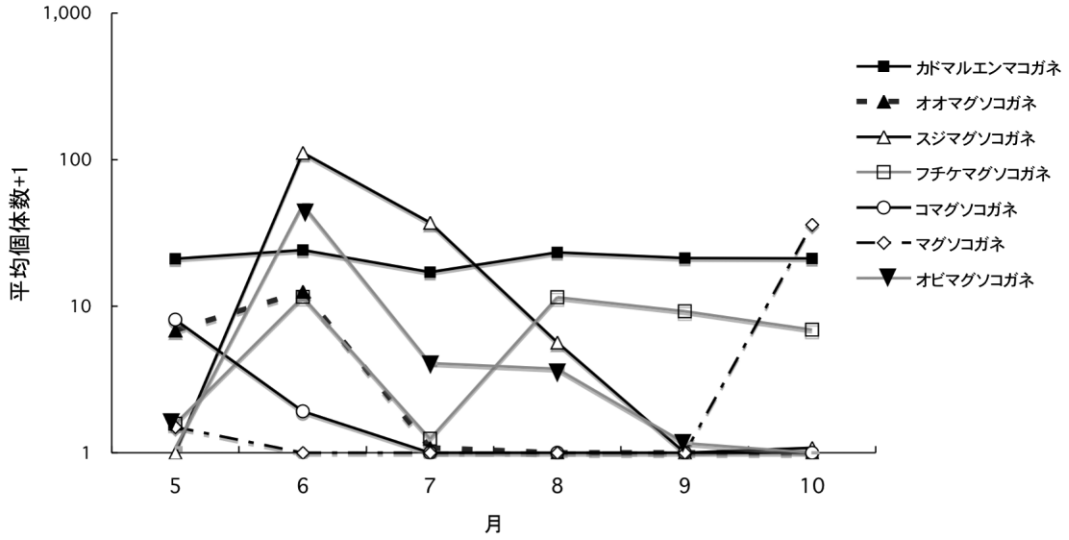


図 3．優占種のトラップ当たり個体数の季節的変動.（欠測月の無い 2000 年，2001 年，2004 年，2005 年の平均値）

表 4．藤荷田山と畜草研西地区（1999 年～ 2001 年）および藤荷田山と自由学園南地区（2003 年～ 2005 年）の放牧草地の糞虫の個体数変動の比較

年	放牧草地 変数＼統計量	藤荷田山 平均	藤荷田山 標準誤差	畜草研西地区 平均	畜草研西地区 標準誤差	差の検定[3]	
1999-2001	個体数[1]	41.4	10.1	73.7	46.1	$p > 0.40$	n. s.
	変動係数[2]	101.9%	30.4	261.5%	169.5	$p > 0.30$	n. s.
		藤荷田山		自由学園南地区			
2003-2005	個体数[1]	41.4	10.1	73.7	30.4	$p > 0.70$	n. s.
	変動係数[2]	101.9%	30.4	261.5%	43.7	$p > 0.60$	n. s.

[1] 各月の 3 サンプルの平均個体数。
[2] 月個体数の平均値と標準偏差に基づく修正変動係数とその標準誤差[22]。
[3] 個体数は Wilcoxon の符号順位検定，変動係数は正規分布すると仮定した *t*- 検定[28]。

た個体数の季節的変動はあるものの，藤荷田山の糞虫個体数の 6 年間の年次変動は安定しており，その年の最大個体数（各月の 3 サンプルの平均）の変動幅で見ると，最も少なかった 65.3/ トラップ（2001 年 8 月）と最も多かった 667.7/ トラップ（2004 年 6 月）との比は 10.2 倍であった。個々の種で見ると，穴掘り屋の年次変動は少ないが，住み込み屋のスジマグソコガネ，マグソコガネおよびオビマグソコガネでは大きな変動が見られた。放牧密度が毎年一定で糞虫の利用出来る資源（牛糞）量が安定していることと，糞塊を作って子を育てる穴掘り屋の糞虫は産卵数が少ない[40, 41]ことが個体数の安定性をもたらしている要因であると推測される[9]。同様に安田[42, 43]は愛知県の放牧場で行った 5 年間の糞虫調査で，種ごとの成虫個体数の年次変化は少ないと述べている。しかし，Doube[6]は南アフリカの狩猟保護区の穴掘り屋と転がし屋（rollers，糞球を作って転がして運び，糞から離れた土に埋めて子を育てるグループ）が優占する糞虫相の 5 年間の調査で，最少年と最多年の平均個体数で 126 倍の大きな年次的変動を認めており，干ばつによる気象変動によるものであると述べている。上述のように近隣の放牧草地間で個体数の変動パターンが共通していたことは，Doube[6]の例からも気象条件が糞虫個体数の季節的・年次的変動に重要な影響を与えている可能性を示唆しているが，今後詳細な分析が必要である。

藤荷田山放牧草地の糞虫相の年次的な個体数変動は安定しており，また季節的変動では終牧時の 10 月（年によっては 8, 9 月）に個体数が減少する年があるものの，概ね個体数は高く保たれていた。また出現した穴掘り屋と住込み屋の個体数の優劣には季節的な入れ替わりが見られたが，両機能グループの種数の比率は均衡していた。糞食性の昆虫は糞を食べるだけでなく，糞の土への埋込や破砕によっても糞の分解を促進し，埋込には穴掘り屋，破砕には住込み屋の働きの大きいことが認められている[32]。これらのことは藤荷田山の糞虫相は糞の分解による養分循環にも有効な機能を果たしていることを示唆している。また中村[22]の結果もこの推測を支持している。

謝　辞

本研究は環境省地球環境推進費（1999 年～ 2001 年）および畜草研戦略研究費「府県土地利用型酪農経営」現地プロジェクト（2003 年～ 2005 年）の一部として行われた。研究に協力と理解をいただいた自由学園那須農場および放牧データをいただいた的場和宏氏，また調査を手伝っていただいた岩越充子さんと高野名保子さんに深謝する。梨木研究調整役と査読者には論文に対して貴重なコメントをいただいた。

引用文献

1）Bornemissza, G. F. (1960). Could dung eating insects improve our pastures?, J. Aust. Inst. Agric. Sci., 26, 54-56.
2）Camberfort, Y. and Hanski, I. (1991). Dung beetle population biology, In Dung Beetle Ecology (Eds. Hanski, I. and Camberfort, Y.), 36-50, Princeton University Press, Princeton.
3）Chao, A. (1987). Estimating the population size for capture-recapture data with unequal catchability, Biometrics, 43, 783-791.
4）Chao, A. and Shen, T.-J. (2003). Program SPADE (Species Prediction And Diversity Estimation), Program and User's Guide (http://chao.stat.nthu.edu.tw).
5）畜産草地研究所草地生態部（2005）．藤荷田山における長期生態研究，畜産草地研究所草地生態部，那須塩原市，102 p.
6）Doube, B. M. (1987). Spatial and temporal organization in communities associated with dung pads and carcasses, In Organization of communities, past and present, 27th

Symposium of the British Ecological Society (Eds. Gee, J. H. R. and Giller, P. S.), 255-280, Blackwell, Oxford.

7）Doube, B. M. (1991). Dung beetles in southern Africa, In Dung Beetle Ecology (Eds. Hanski, I. and Camberfort, Y.), 133-155, Princeton University Press, Princeton.

8）Hanski, I. (1991). North temperate dung beetles, In Dung Beetle Ecology (Eds. Hanski, I. and Camberfort, Y.), 75-96, Princeton University Press, Princeton.

9）Hunter, A. F. (1995). Ecology, life history, and phylogeny of outbreak and nonoutbreak species, In Population Dynamics (Eds. Cappuccino, N. and Price, P. W.), 14-64, Academic Press, San Diego.

10）五十嵐良造（1985）．藤荷田山野草地における昆虫群集の動態，農林水産省草地試験場生態部編，草地動態に関する研究（第２次中間報告Ⅱ牧草地編），草地試・生態部 資料，59-9，231-240．

11）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．

12）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．

13）Iwasa, M., Nakamura, T., Fukaki, K. and Yamashita, N. (2005). Nontarget effects of ivermectin on coprophagous insects in Japan. Environ. Entomol. 34, 1485-1492.

14）Krüger, K. and Scholtz, C. H. (1997). Lethal and sublethal effects of ivermectin on the dung-breeding beetles *Euoniticellus intermedius* (Reihe) and *Onitis alexis* Klug (Coleoptera, Scarabaeidae). Agric. Ecosyst. Environ, 61, 123-131.

15）Kryger, U., Deschodt, C. and Scholtz, C. H. (2005). Effects of fluazuron and ivermectin treatment of cattle on the structure of dung beetle communities. Agric. Ecosyst. Environ, 105, 649-656.

16）Kuramochi, K., Isai, N. and Yamashita, T. (2000). Distribution and seasonal prevalence of dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) in grazing pastures in Tokachi district, Grassl. Sci, 46, 229-233.

17）Lobo, J. M. (2000). Species diversity and composition of dung beetle (Coleoptera: Scarabaeoidea) assemblage in North America, Can. Entomol, 132, 307-321.

18）Lumaret, J. P., Galante, E., Lumbreras, C., Mena, J., Bertrand, M., Bernal, J. L., Cooper, J. F., Kadiri, N. and Crowe, D. (1993). Field effects of ivermectin residues on dung beetles. J. Appl. Ecol, 30, 428-436.

19）Magurran, A. E. (1988). Ecological Diversity and Its Measurement, Princeton University Press, Princeton, 179 p.

20）中村好男（1973a）．草地土壌動物相に関する研究，第３報　放牧，採草の差異による中型土壌動物相の変動，草地試研報，2, 1-7.

21）中村好男（1973b）．牛糞の分解消失と土壌動物相（予報），草地試研報，3, 130-133.

22）中村好男（1975）．草地における牛糞の分解消失に対するフン虫の影響，草地試研報，7，48-51．

23）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.

24）農林水産省草地試験場生態部（1972）．藤荷田山の生物相に関する基礎資料（付表），草地試･生態部 資料，No2，11-22．

25）農林水産省草地試験場生態部（1974）．藤荷田山の生物相に関する基礎資料，草地試･生態部　資料，No3，30-46.

26）SAS Institute (2005). JMP 統計およびグラフ機能ガイド，SAS Institute Inc, Cary, 927 p.

27）塩見正衛（2005）．放牧草地の生産力の長期変動，藤荷田山における長期生態研究，畜産草地研究所草地生態部，那須塩原市，5-27.

28）Sokal, R. R. and Braumann, C. A. (1980). Significance tests for coefficients of variation and variability profiles, Syst. Zool, 29, 50-66.

29）Sokal, R. R. and Rohlf, F. J. (1995). Biometry, Third edition, W. H. Freeman and Company, New York, 887 p.

30）Solow, A. R.（1993）. A simple test for change in community structure, J. Anim. Ecol, 62, 191-193.

31）Southwood, T. R. E. and Henderson, P. A. (2000). Ecological Methods. Third edition. Blackwell Science, Oxford, 575 p.

32）Stevenson, B. G. and Dindal, D. L. (1987). Functional ecology of coprophagous insects: A review. Pedobiologia, 30, 285-298.

33）Suarez, V. H. (2002). Helminthic control on grazing ruminants and environmental risks in South America, Vet. Res, 33, 563-573.

34）栃木県（2003）．栃木県自然環境基礎調査－とちぎの昆虫Ⅱ，栃木県林務部自然環境課，宇都宮，557 p.

35）Tsukada, H., Imura, T., Sutoh, M., Kosako, T. and

Fukasawa, M. (2004). Small mammal fauna of public pastures in Northern Tochigi, Japan, Grassl. Sci, 50, 329-335.

36）Wall, R. and Strong, L. (1987). Environmental consequences of treating cattle with the antiparasitic drug ivermectin. Nature, 327, 418-421.

37）山下　泉・小島圭三・細木康彦（1978）．高知県内のふん虫，ふん虫利用に関する基礎研究Ⅰ，げんせい，34，1-16.

38）山下伸夫・吉田信代・渡辺彰・三上暁子（2004）．牛用駆虫薬が牛糞分解に関与する昆虫類の発育に及ぼす影響，東北農業研究，57，119-120.

39）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.

40）Yasuda, H. (1986). Fecundity of two dung beetle species, *Onthophagus lenzii* Harold and *Liatongus phanaeoides* Westwood (Coleoptera: Scarabaeidae), Appl. Entmol. Zool., 21, 177-179.

41）Yasuda, H. (1987). Reproductive properties of two sympatric dung beetles, *Aphodius haroldianus* and *A. elegans* (Coleoptera: Scarabaeidae), Res. Popul. Ecol, 29, 179-187.

42）安田弘法（1991）．糞虫の数はどのようにして決まるのだろうか，インセクタリウム，28，288-296.

43）安田弘法（1996）．食糞性コガネムシ群集の多様性と変動機構，日生態会誌，46，321-325.

44）Yoshida, N. and Katakura, H. (1985). Life cycles of *Aphodius* dung beetles (Scarabaeidae, Coleoptera) in Sapporo, Northern Japan, Environ. Sci. Hokkaido, 8, 209-229.

45）Zahl, S. (1977). Jackknifing an index of diversity, Ecology, 58, 907-913.

Fauna and Temporal Dynamics of Dung Beetles of the Fujinita-Yama Pasture, a Long-Term Ecological Research Site

Osamu IMURA, Nobuo MORIMOTO [1)] and Kun SHI [2)]

Ecosystem Functions Research Team

[1)] National Agricultural Research Center

[2)] College of Nature Conservation, Beijing Forestry University

Summary

Dung beetle fauna was surveyed on a *Zoysia japonica* pasture in the Fujinita-Yama long-term ecological research site of National Institute of Livestock and Grassland Science at Nasu (NILGS-Fujinita) once a month during grazing period of May - October from 1999 to 2001 and 2003 to 2005 using a dung-baited basket trap. Dung beetle fauna and its temporal dynamics of the Fujinita-Yama pasture were characterized by comparing those to those of two neighbor pastures (within a distance of 3 km), the west pasture of NILGS (NILGS-West) and the south pasture of Jiyuu-Gakuen farm (Jiyuu-South). Eighteen species of dung beetles were collected, representing two Geotrupinae, six Scarabaienae, and 10 Aphodiinae species. Species richness of the NILGS-Fujinita fauna as estimated by Chao 2 was 18.4, significantly larger than that the 11.1 of Jiyuu-South. Species diversity (Shannon-Wiener's *H'*) of the NILGS-Fujinita fauna was significantly larger than those of NILGS-West and Jiyuu-South. The Dwellers/Tunnelers ratio based on species number was not significantly deviated from one. Similarity analysis among the faunae of the pastures by the Morishita-Horn index indicated that the dung beetle community structure of NILGS-Fujinita was different from those of NILGS-West and Jiyuu-South. The results suggested that the NILGS-Fujinita pasture was of conservation value for dung beetle diversity. Seasonal change in number of dung beetles in the NILGS-Fujinita pasture had two patterns over six years: a population increase from spring to summer followed by a decline to a low number by October; a decrease in number in midsummer followed by an increase until October. The seasonal changes in insect number of the NILGS-Fujinita pasture highly correlated with those of the other two pastures, representing a pattern that was common in the local dung beetle communities. The population dynamics of NILGS-Fujinita fauna during six years was stable. The dung beetles that were generally abundant in number might contribute to effective decomposition of cattle dung and thereby nutrients cycling in the NILGS-Fujinita pasture.

Key words: Fujinita-Yama long-term ecological research site, *Zoysia japonica* pasture, Dang beetle fauna, Diversity, Temporal dynamics

Present address : [1)] Kan-nondai 3-1-1, Tsukuba, 305-8666, Japan

[2)] 35 Tsinghua-east Road, Beijing 100083 China