

那須野が原博物館紀要 第8号

(平成24年3月3日発行)

那須野が原の放牧地の糞虫相—その保全に向けて—

井 村 治

那須塩原市那須野が原博物館

那須野が原の放牧地の糞虫相—その保全に向けて—

井 村 治

〒329-2763 栃木県那須塩原市井口504-8

はじめに

那須野が原は、栃木県北東部に位置し、「那須野」あるいは「那須原」などと呼ばれて、古くから耕作に適さず、入会林場として利用される原野が広がっていた（石ぐら会、1999；西那須野町、2000）。この地理を活かして、古来那須野が原を中心とした地域は産馬の盛んな地となっていた（西那須野町、1963）。明治以後は国営原野に組み込まれ、県営の牧場や授産事業として欧米式の牧場を中心とした有畜複合農業の大規模な開発が行われた（関東農政局、1995）。また戦時には軍馬の生産も盛んに行われていた。現在ツツジの名所となっている八方ヶ原や那須八幡も馬の放牧地であった。こうした歴史から那須野が原とその周辺地域では現在でも畜産業が重要な産業となっており、私営や公共の放牧地が多く存在する。

放牧地には家畜の糞が大量に排泄され、動物の糞を食べるミミズや節足動物などが多く生息している。これらの動物の中で、とりわけ糞食の専門家で動物糞に生活を依存しているコガネムシ上科 Scarabaeoideaの甲虫を糞虫（dung beetles）と呼んでいる。これらの糞虫類は糞の分解に係わり、草地の養分循環を促すなど放牧地で欠くことの出来ない重要な働きをしている（井村、2010）。上述した那須野が原の地理や歴史から、那須野が原の昆虫相の中で糞虫類は重要な位置を占めているものと考えられる。本稿では、那須野が原とその周辺の放牧地の糞虫を調査し、放牧地から見た糞虫相の実態とその特徴について述べたい。また糞虫の保全についても考えてみたい。

糞 虫

コガネムシ上科に属する糞食性（coprophagy）の種は世界で約7,000種知られている（Hanski, 1991）。日本ではこれまで160種が数えられており（川井ら、2005；塚本ら、2009），その内の約半数が日本の固有種である（塚本、1994, 2003；塚本ら、2009）。一般に糞虫類にはコブスジコガネ科Trogidaeなどの種も含まれるが、本稿ではコガネムシ科Scarabaeidaeの

種を糞食性の糞虫として取り扱う（科および亜科の区分は上野ら（1985）に従った）。

栃木県には糞食性の糞虫として、センチコガネ亜科 Geotrupinae の3種、ダイコクコガネ亜科 Scarabinae の15種、マグソコガネ亜科 Aphodiinae の37種を含めて55種が記録されている（栃木県、2003）。塚本ら（2009）にはこれ以外の3種を入れて58種が記載されており、本県には九州の鹿児島、大分、長崎に次いで多くの糞虫種が分布していることになる。

那須塩原市の西那須野地区及び塩原地区には27種の糞虫が記録されている（那須塩原市、2010）。同市の黒磯地区の記録としては黒磯市動植物実態調査研究会（1998）にセンチコガネ亜科2種およびマグソコガネ亜科4種が記載されているが、栃木県（2003）にはこの地区に11種の糞虫記録が見られる。また、那須町の那須御用邸の調査では5種の糞虫が記録されている（那須御用邸生物相調査会、2009）。那須烏山市では牧場の牛糞からマグソコガネ亜科の2種の糞虫の採集記録が見られる（大竹ら、2008）。

一方、近年糞虫の多様性が減少していると危惧されており（塚本、2003；那須野が原博物館、2007）、環境省（2007）のレッドリスト（日本の絶滅のおそれのある野生生物の種のリスト、平成19年修正）には、絶滅危惧Ⅱ類（VU）にダイコクコガネ *Copris ochus* を始めとして6種、準絶滅危惧種（NT）にヤマトエンマコガネ *Onthophagus japonicus* を含めて7種、情報不足（DD）にヒメダイコクコガネ *Copris tripartitus* の他3種、計17種の糞虫が挙がっている。各都道府県版のレッドリストにはさらに多くの糞虫種が掲載されており、40都道府県から50種（センチコガネ亜科（5種）、ダイコクコガネ亜科（19種）、マグソコガネ亜科のマグソコガネ属 *Aphodius* の糞虫（26種））がレッドリストのいずれかのカテゴリーで掲載されており、糞虫の在来種の47%の種がいずれかの都道府県で絶滅の恐れのある、あるいは保全に配慮すべき種として記載されている（井村、2010）。栃木県においても絶滅危惧Ⅰ類1種、Ⅱ類2種、準絶滅危惧1種、計4種の糞虫が挙げられている（栃木県、2005）。那須塩原市の西那須野地区及び塩原地区でも

ゴホンダイコクコガネ *Copris acutidens* が保全上注目すべき種とされている（那須塩原市、2010）。

方 法

(1) 調査地

栃木県北東部の那須野が原とその周辺（那珂川と鬼怒川に囲まれた流域）の東西約45km、南北約70kmの区域にある肉用牛または乳用牛が放牧されている放牧地19地点（牧草を刈り取って利用する採草地1地点を含む）を調査対象とした（図1、表1）。調査した放牧地は、那須町共同利用模範牧場上部（以下那須共同上と略す）、那須町共同利用模範牧場下部（那須共同下）、大沢牧場（大沢）、大深堀牧場（大深堀）、小深掘採草地（小深掘）、池田牧場（池田）、畜産草地研究所藤荷田山長期生態研究草地（藤荷田山）、八方ヶ原牧場（八方）、畜産草地研究所西地区放牧地（畜草研西）、自由学園那須農場（自由学園）、栃木県土上平放牧場（土上平）、豊月平放牧場（豊月平）、大野放牧場（大野）、中村牧場（中村）、川村放牧場（川村）、上沢放牧場（上沢）、酪農とちぎ小林放牧場（小林）、栃木県酪農試験場南那須育成牧場（南那須）および酪農とちぎふれあい牧場（ふれあい）である。

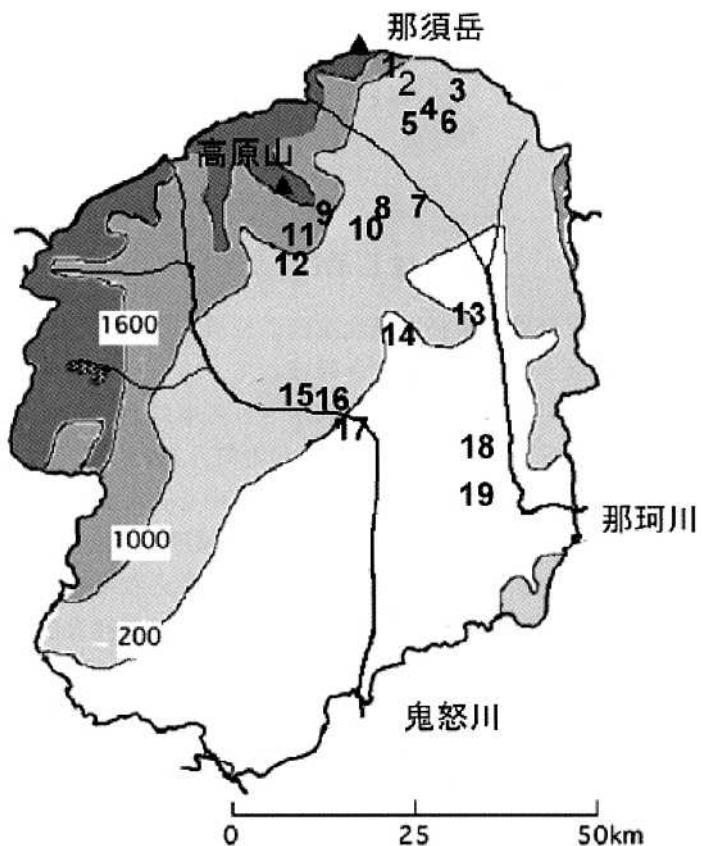


図1. 調査した放牧地。図中の数字は表1の放牧地の番号を示す。等高線の数字は標高(m)

表1. 粪虫を調査した放牧地

調査放牧地	住所	緯度 ²⁾	経度 ²⁾	標高(m)
1 ¹⁾ 那須町共同利用模範牧場上部	那須郡那須町大島 1988	37°07'56.7"	140°01'30.9"	867.6
2 那須町共同利用模範牧場下部	那須郡那須町大島 1988	37°07'05.7"	140°02'06.9"	813.9
3 大沢牧場	那須郡那須町高久丙	37°05'33.9"	140°04'16.2"	538.9
4 大深堀牧場	那須郡那須町高久丙	37°05'15.3"	140°02'54.9"	616.5
5 池田牧場	那須郡那須町高久丙	37°04'06.0"	140°02'39.3"	532.7
6 小深堀採草地	那須郡那須町高久丙	37°04'06.0"	140°03'09.8"	494.6
7 自由学園那須農場	那須塩原市笛沼 445	36°55'54.9"	139°58'48.2"	302.0
8 畜産草地研究所藤荷田山長期生態研究草地	那須塩原市千本松 768	36°55'11.6"	139°57'19.9"	311.1
9 八方ヶ原牧場	矢板市上伊佐野字タグ	36°54'55.6"	139°50'18.7"	1,011.0
10 畜産草地研究所西地区放牧地	那須塩原市千本松 768	36°54'40.1"	139°55'52.1"	314.8
11 栃木県土上平牧場	塩谷郡塩谷町大字上寺島字土上平	36°52'05.9"	139°47'45.3"	962.5
12 豊月平放牧場	塩谷郡塩谷町大字上寺島	36°50'45.4"	139°47'38.8"	698.8
13 大野放牧場	大田原市湯津上 5-776	36°49'13.9"	140°06'21.7"	173.4
14 中村牧場	大田原市藤沢 79	36°46'25.2"	140°01'38.4"	196.8
15 川村放牧場	塩谷郡塩谷町船生	36°45'09.8"	139°47'08.3"	265.0
16 上沢放牧場	塩谷郡塩谷町上沢	36°44'00.9"	139°50'06.0"	246.6
17 酪農とちぎ小林放牧場	塩谷郡塩谷町大字風見	36°43'36.3"	139°50'43.7"	228.6
18 南那須育成牧場（現全農南那須牧場）	那須烏山市三箇 2205	36°41,54.3"	140°04'46.6"	164.1
19 酪農とちぎふれあい牧場	塩谷郡高根沢町大字下柏崎 541	36°36'41.0"	140°04'21.5"	147.3

¹⁾ 図1に示した調査放牧地番号

²⁾ 調査地点の座標

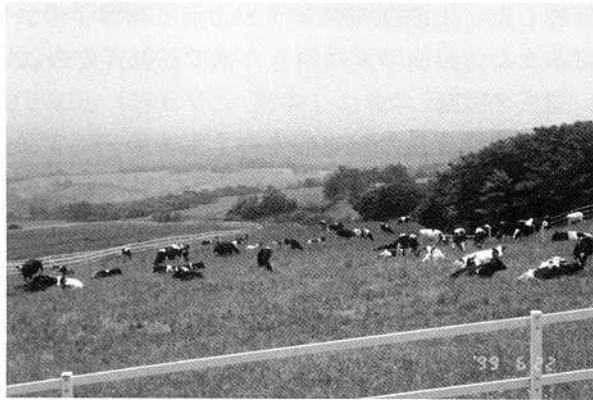


写真1. 那須町協同利用模範牧場上



写真2. 大深堀牧場

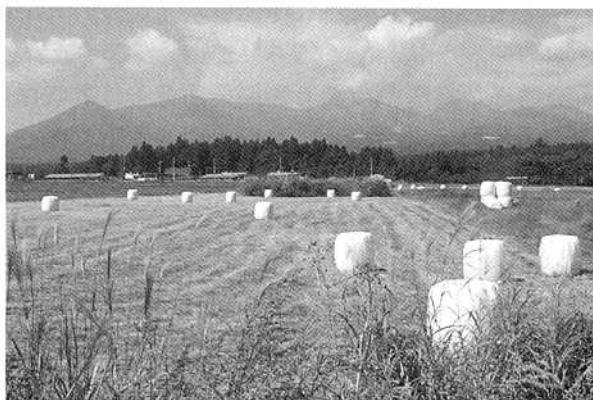


写真3. 小深堀採草地



写真4. 藤荷田山長期生態研究草地



写真5. 栃木県土上平放牧場



写真6. 中村牧場



写真7. 上沢放牧場

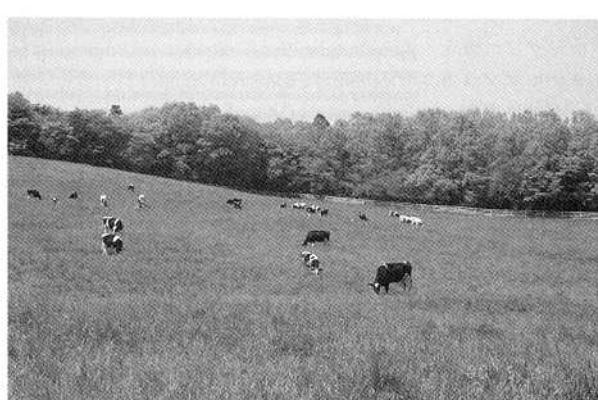


写真8. 南那須育成牧場

小深堀は採草地だが周辺に小規模な放牧地がある。特に断らない場合は小深堀を放牧地として言及する。また、放牧地の一部を春には一番刈りの採草地として利用し、その後牛を放牧する牧場が含まれる。

(2)調査方法

糞虫について以下の定量調査を行った。糞虫の捕獲のためのトラップはザルを用いた早川式牛糞トラップを使った(早川ら, 1976; 詳細は井村・森本(2004)を参照のこと)。各放牧地の中心地点を選んで牛糞トラップを地点ごとに3個トランセクト上に10m間隔で設置した。約24時間後トラップを回収してトラップから糞虫を分離し、種数と個体数を数えた。調査は1999年から2001年の放牧期間にあたる5月から10月まで毎月1回、調査地点ごとに合計18回

実施した。小深堀の調査は2000年と2001年の2年間であった。自由学園は同じ方法で2003年から2005年に調査を実施した。

糞虫を調査した地点の座標を携帯型GPSで測定した。調査地の座標に基づいてGISやAMeDAS情報をを利用してその地点の標高や気温、降水量、日射量を算出した。また植生調査や土壤硬度の計測を行った。その他牧場に付随する情報を収集した。

結果

(1) 調査放牧地

標高は八方が最も高く1,000mを超えていた(表1)。八方のある高原山山麓と那須岳山麓の放牧地は標高が高く、那須鳥山市と高根沢町の放牧地は調査した

表2. 調査した放牧地で記録された糞虫

種名	機能グループ ¹⁾	個体数 ²⁾	記録された放牧草地番号 ³⁾	放牧地数 ⁴⁾
センチコガネ科 Geotrupidae				
センチコガネ亜科 Geotrupinae				
1.オオセンチコガネ <i>Phelotrupes auratus</i> (Motschulsky)	T	167	8,10,12,13,14,18,19	7
2.センチコガネ <i>Phelotrupes laevistriatus</i> (Motschulsky)	T	36	7,8,13,14,19	5
コガネムシ科 Scarabaeidae				
ダイコクコガネ亜科 Scarabaeinae				
3.ゴホンダイコクコガネ <i>Copris acutidens</i> Motshulsky	T	8	8,10	2
4.ミヤマダイコクコガネ <i>Copris pecuarius</i> Lewis	T	1	9	1
5.ツノコガネ <i>Liatongus minutus</i> (Motschulsky)	T	571	1,2,3,4,5,6,8,9,11,12,15,16	12
6.マエカドコエンマコガネ <i>Caccobius jessoensis</i> Harold	T	435	1,2,3,4,9,11,12	7
7.クロマルエンマコガネ <i>Onthophagus ater</i> Waterhouse	T	141	1,2,3,4,5,7,8,10,11,12,13,14,16,18,19	15
8.コブマルエンマコガネ <i>Onthophagus atripennis</i> Waterhouse	T	168	1,2,3,4,5,7,8,13,14,15,16,19	12
9.フトカドエンマコガネ <i>Onthophagus fodience</i> Waterhouse	T	160	1,2,3,4,5,7,8,10,11,12,13,14,16	13
10.カドマルエンマコガネ <i>Onthophagus lenzii</i> Harold	T	7,020	2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19	18
11.ツヤエンマコガネ <i>Onthophagus nitidus</i> Waterhouse	T	6	3,4,14,18,19	5
マグソコガネ亜科 Aphodiinae				
12.ヌバタママグソコガネ <i>Aphodius breviusculus</i> (Motschulsky)	D	284	1,2	2
13.ヒメケブカマグソコガネ <i>Aphodius comatus</i> Ad. Schmidt	D	1,106	3,4,5,7,18,19	6
14.ケブカマグソコガネ <i>Aphodius eccoptus</i> Bates	D	133	1,2,3,4,5	5
15.オオフタホシマグソコガネ <i>Aphodius elegans</i> Allibert	T	74	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11,12,14,16,18	12
16.マキバマグソコガネ <i>Aphodius pratensis</i> Nomura et Nakane	D	587	1,2,4,5,8,10,11,12	8
17.コマグソコガネ <i>Aphodius pusillus</i> (Herbst)	D	2,724	1,2,3,4,5,7,8,9,10,11,12,13,14,15,17,18,19	17
18.オオマグソコガネ <i>Aphodius quadratus</i> Reiche	T	4,354	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19	19
19.マグソコガネ <i>Aphodius rectus</i> (Motschulsky)	D	10,469	1,2,3,4,5,6,7,8,10,11,12,13,14,15,17,18,19	17
20.スジマグソコガネ <i>Aphodius rugosostriatus</i> Waterhouse	D	497	4,5,7,8,10,13,14	7
21.ヨツボシマグソコガネ <i>Aphodius sordidus</i> (Fabricius)	D	186	4,7,8,10,13,14,17,18	8
22.ウスイロマグソコガネ <i>Aphodius sublimbatus</i> (Motschulsky)	D	4,651	1,2,3,4,5,6,7,8,10,12,13,14,15,17,18,19	16
23.オビマグソコガネ <i>Aphodius uniplagiatus</i> Waterhouse	D	957	3,5,6,7,8,10,12,13,14,15,16,17,18,19	14
24.フチケマグソコガネ <i>Aphodius urostigma</i> Harold	D	19,780	1,2,3,4,5,6,7,8,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19	18
25.コケシマグソコガネ <i>Myrhessus samurai</i> (Balthasar)	D	1	3,8	2
種数	25種	合計	54,516	

¹⁾機能グループ: Dは住込み屋、Tは穴掘り屋(Cambe fort & Hanski, 1991)

²⁾定量調査で記録された3年間の総個体数

³⁾6番の草地は採草地(小深堀)

⁴⁾当該種が記録された放牧地の数

中では最も標高が低かった（145～165m）。表1の15～17番の放牧地はいずれも鬼怒川の河川敷にある放牧地である（写真7）。調査した放牧地は20年以上、最長57年の放牧の歴史があるが、中村と自由学園は放牧を開始して1～2年の放牧歴の短い放牧地であった。標高、放牧歴や放牧地の大きさだけでなく立地条件が様々な放牧地が調査地として含まれていた（写真1～8参照）。

（2）糞虫相

表2に調査放牧地で採集された糞虫種、その機能グループ（成虫が地上の糞に直接産卵して幼虫が糞を利用するタイプ（住込み屋、dweller）、または地上の糞の下の土にトンネルを掘って糞塊を埋め込んでその中に産卵して幼虫が育つタイプ（穴掘り屋、tunneler）（Cambe fort and Hanski, 1991））、記録された放牧地（表1の番号で表示）およびその数を示した。センチコガネ亜科2種、ダイコクコガネ亜科9種およびマグソコガネ亜科14種を含む25種の糞虫に属する54,516個体が調査した放牧地から記録された。機能グループでは穴掘り屋が13種、住込み屋が12種とほぼ均衡していた。最も個体数が多かったのはフチケマグソコガネAphodius urostigma、次いでマグソコガネAphodius rectus、カドマルエンマコガネOnthophagus lenzii、ウスイロマグソコガネAphodius sublimbatusおよびオオマグソコガネAphodius quadratusの順で、上位5種で85%の個体数を占めていた。一方、ミヤマダイコクコガネ

*Copris pecuarius*とコケシマグソコガネ*Myrhessus samurai*は定量調査では1個体しか採集されなかつた。また、ツヤエンマコガネ*Onthophagus nitidus*とゴホンダイコクコガネも3年間の調査で10個体以下しか採集されなかつた。センチコガネ*Phelotrupes laevistriatus*とオオセンチコガネ*Phelotrupes auratus*のセンチコガネ亜科の2種、クロマルエンマコガネ*Onthophagus ater*、コブマルエンマコガネ*Onthophagus atripennis*、フトカドエンマコガネ*Onthophagus fodience*のダイコクコガネ亜科の3種とヨツボシマグソコガネ*Aphodius sordidus*も相対的に個体数の少ない種であった。個体数の多かったオオマグソコガネは全ての放牧地で記録され、やはり個体数の多かったカドマルエンマコガネ、フチケマグソコガネ、マグソコガネ、コマグソコガネ*Aphodius pusillus*およびウスイロマグソコガネも調査した放牧地の80%以上の場所で採集された。個体数の少なかった種は出現放牧地の数も少ない傾向があつたが、クロマルエンマコガネ、コブマルエンマコガネとフトカドエンマコガネの3種は60%以上の放牧地で出現した。

調査放牧地は標高差850m以上の環境傾度上に分布していたので、100個体以上採集された糞虫種について出現した標高範囲を図2に示した。カドマルエンマコガネ、オオマグソコガネとコマグソコガネは調査した全標高範囲で出現した。フチケマグソコガネ、マグソコガネとクロマルエンマコガネは1,000mより低い全ての標高範囲で採集された。最後の種を除く

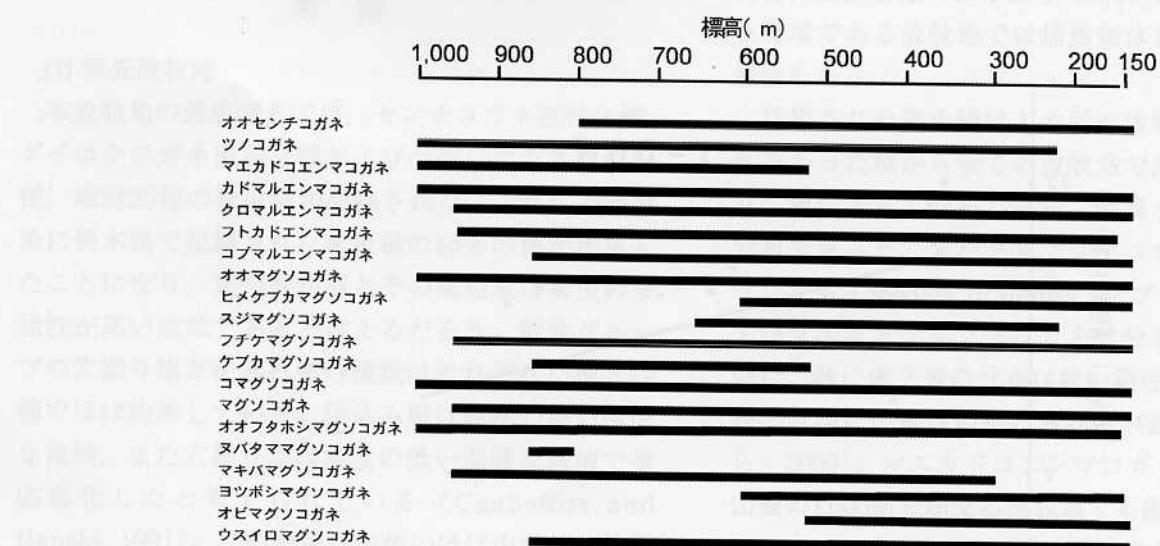


図2. 那須野が原と周辺の放牧地の糞虫の標高分布

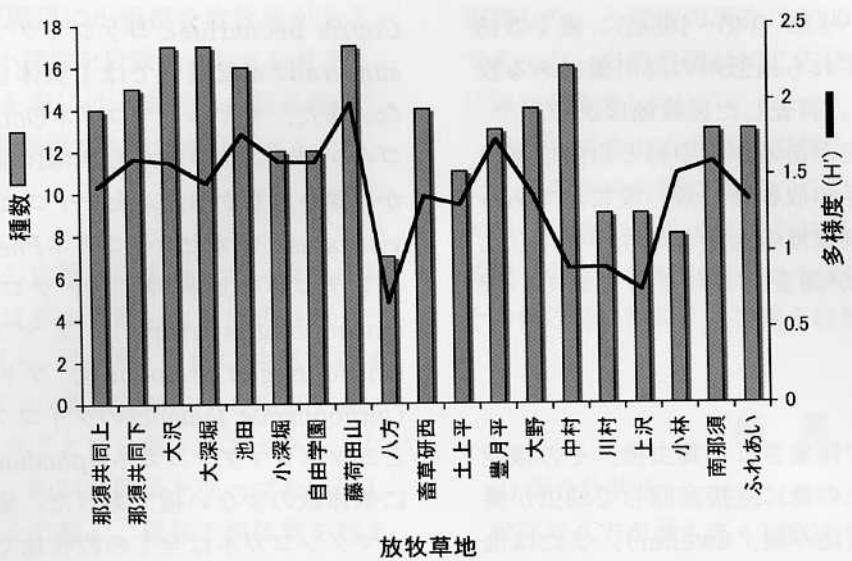


図3. 調査放牧地の糞虫の種数と種多様度 (H')

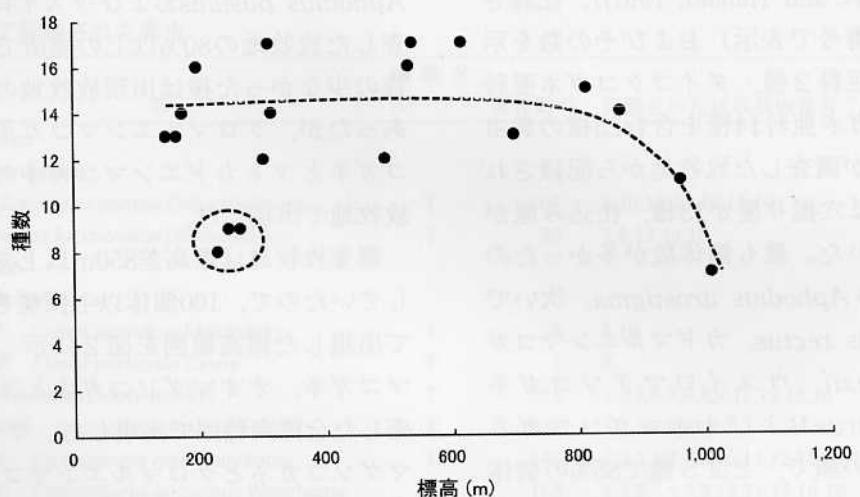


図4. 調査地の標高と糞虫の種数の関係、破線円内は河川敷の放牧地

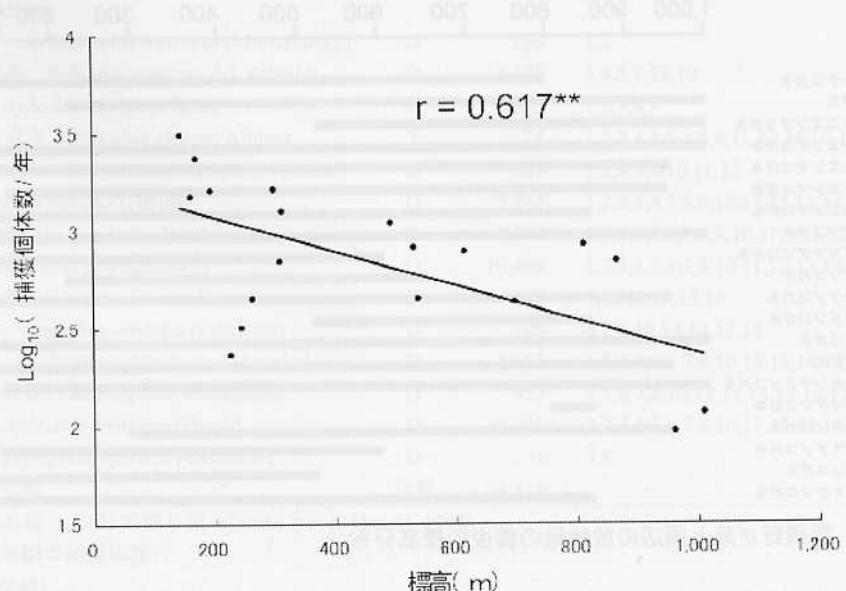


図5. 調査放牧地の標高と糞虫相の総個体数の関係

と全て個体数が多い種であった。一方、オオフタホシマグソコガネ *Aphodius elegans* は個体数は少なかったが前述の種と同様に広い標高範囲で出現した。ヌバタママグソコガネ *Aphodius breviusculus*, ケブカマグソコガネ *Aphodius eccoptus* およびマエカドコエンマコガネ *Caccobius jessoensis* は標高が 500m を超える放牧地で、またオビマグソコガネ *Aphodius uniplagiatus*, ヨツボシマグソコガネ およびヒメケブカマグソコガネ *Aphodius comatus* は標高が 600m 以下の放牧地で採集された。

図 3 に各放牧地の定量調査で採集された糞虫の種数と Shannon-Wiener 指数 (H') による種多様度 (小林, 1995) を示した。種数が最も多かったのは大沢、大深堀と藤荷田山の 17 種で、八方は 7 種と最も少なく、河川敷の放牧地である小林、川村、上沢も 10 種未満であった。多様度指数 H' で見ると、藤荷田山が最も高く、八方が最も低く、河川敷の川村と上沢も多様度が低かった。種数の多い放牧地は種多様度で見ても多様性が高い傾向があった (相関係数 $r = 0.582$, $p < 0.001$)。この中で中村は例外的に種数は 16 種と多かったが H' は低かった (図 3)。

種数および多様度とも標高とは有意な相関が見られなかったが ($p > 0.05$)、種数では河川敷の糞虫相を除くと標高が 900m を超えると減少する傾向が見られた (図 4)。放牧地の糞虫相の総個体数は標高が高くなるに従って有意に減少した ($r = 0.617$, $p < 0.01$) (図 5)。

考 察

(1) 調査放牧地

本放牧地の糞虫調査では、センチコガネ亜科 2 種、ダイコクコガネ亜科 9 種およびマグソコガネ亜科 14 種、総計 25 種の糞虫種が記録された。これらの放牧地に栃木県で記録された糞虫種の 45% の種が出現したことになり、那須野が原とその周辺域は糞虫の多様性が高い地域であると言えるだろう。機能グループの穴掘り屋と住込み屋の種数はそれぞれ 13 種と 12 種でほぼ均衡していた。住込み屋は緯度の高い冷涼な地域、また穴掘り屋は緯度の低い温暖な地域で適応進化したと考えられている (Canbefort and Hanski, 1991)。この地域は本州のほぼ中央部に位置し、また高地から低地までを含んでいるため、冷涼な地域と温暖な地域の糞虫が同程度に分布していることがこの地域の糞虫の多様性を高めている要因の

一つと考えられる。植物においてもこの地域では北方系と南方系の種が混在して多様な植物相を形成しているとされる (酒井, 2010)。糞虫の生息場所は必ずしも放牧地のような草地だけでなく、森林、河川敷、海浜などにも生息している (川井ら, 2005; 塚本ら, 2009)。本調査でも県内で記録があるものの出現しなかった種には森林性の種が含まれていた。また、マグソコガネ亜科の内、*Aphodius* 属以外の種は必ずしも動物糞に依存していないと見られ、生息場所も河川敷などである。この中で、草地に生息しているとされるコケシマグソコガネが捕獲された。また、糞を用いた定量調査では記録されなかったムネアカセンチコガネ *Bolbocerosoma nigroplagiatum* が藤荷田山と畜草研西の近辺の灯火で相当数採集された。しかし、本種の生態は十分分かっておらず、放牧地との係わりは明確ではない。「放牧地とともに生きている」とされる (塚本ら, 2009) ダイコクコガネは今回の調査で採集されなかった。本種は国および栃木県で絶滅危惧 II 類となっており、また都道府県のレッドリストと分布情報から算出した絶滅リスク指數でも糞虫の中で 7 番目に絶滅のリスクが高いと評価され (井村, 2010)、この地域での保全状況が危惧される。同じダイコクコガネ亜科のミヤマダイコクコガネは標高の高い八方で 1 個体だけ採集された。本種も全国 12 県でレッドデータブックに掲載されており、前述の絶滅リスク指數では 12 番目にリスクが高い種である。またツヤエンマコガネも個体数の少ない種であった。本種およびセンチコガネは森林性の糞虫と見られており (川井ら, 2005)、開放的な環境である放牧地では捕獲個体数が少なかった可能性もある。

採集された糞虫種は 1 カ所の放牧地でしか記録されなかった種から全ての放牧地で記録された種もあり、種によって分布パターンが異なっていた。標高分布で見ると、ヌバタママグソコガネ、マキバマグソコガネ *Aphodius pratensis*、ケブカマグソコガネ およびマエカドコエンマコガネは分布が山地に偏っていた。特に前 2 者の分布は狭い範囲に限られていた。後の 3 種は山地性の種とされる (益本, 1967; 川井ら, 2005)。マエカドコエンマコガネは長野県の浅間山麓の 1,000m を超える放牧地でも優占種であったが、ヌバタママグソコガネとマキバマグソコガネは個体数が少なかった (井村・山田, 2011)。ツノコガネ *Liatongus minutus* も山地性とされ (益本, 1967)、浅間山麓の高地の放牧地でも優占種の一つであった

(井村・山田, 2011)。本種は那須野が原地域では低地にも分布していたが低地の個体数は少なかった。一方ゴホンダイコクコガネ, ヒメケブカマグソコガネ, ヨツボシマグソコガネおよびオビマグソコガネは標高の低い放牧地で出現した。分布範囲の狭い種を除くと大多数の糞虫種は広い標高の範囲に分布していた。

那須野が原全体で見ると糞虫の多様性が高いと言えるが、個々の放牧地については種数や多様度指数から見た多様性が高い放牧地や低い放牧地があった。一般に種数や多様度指数で見た糞虫の多様性は標高とともに減少するとされるが（例えば, Jay-Robert et al., 1997 ; Lumaret and Stirnet, 1991），那須野が原地域では標高900m以上で種数が減少する傾向が見られる。しかし、多様度指数は標高との関連は見られず、標高の高い放牧地でも種多様度の高い場所が多くあった。また種数や絶滅リスク指数などのレッドデータ情報を入った評価では、山地に立地する放牧地の方が糞虫の多様性を保全する機能が高かった（井村, 2009）。一方、糞虫の総個体数は標高とともに有意に減少し、同様の現象がイベリア半島や北スラウェシ（インドネシア）の山地でも見られている（Hanski and Niemelä, 1990 ; Martin-Piera et.al, 1992）。標高は気温、年間日射量や年降水量と高い相関が見られ（Imura et al. 準備中），これらの要因が糞虫の分布や個体数に影響を与えていていると考えられる。また、河川敷の放牧地の種数や多様度が低かったのは、土壤が砂地で硬いことにより穴掘り屋が活動し難いためだと見られる。中村の多様性は他の放牧地と異なり、種数が多いが種多様度が低いというパターンを示した。中村は放牧開始後間もないため放牧地はまだ糞虫の侵入、定着過程にあり、安定した糞虫相が形成されていないことを示しているかも知れない。

以上の様に那須野が原と周辺の放牧地には多様な糞虫相が維持されている。その要因の一つに那須野が原の家畜生産の歴史に加えて地理や地形が係わっていることが考えられた。また、井村ら（2011）は放牧地の周囲の自然度の高い植生や放牧地の地域的な数の多さが糞虫の多様性を高めている可能性を示した。従って、那須野が原に多様な放牧地が多く存在することが多様な糞虫相をもたらしているもう一つの要因であると考えられる。

しかし、塚本（2003）が「日本列島に生息する糞虫が絶滅の危機に瀕するのがこんなにも早いとは思

わなかった。」と述べているように、近年糞虫の多様性が急速に減少していると危惧されている。那須野が原の今回の調査でも確認されなかったり、また個体数の少ない糞虫種が見られた。糞虫の減少の理由として塚本（2003）は、第一に家畜の放牧形態の変化を挙げている。家畜の放牧地は近年減少傾向にあり、今回調査した放牧地の中にもその後放牧を中止した場所がある。加えて東日本大震災に起因する福島第一原子力発電所の事故による放牧地の放射能汚染で、この地域の放牧による家畜生産に大きな困難をもたらしている。また政府が参加を表明している環太平洋戦略的経済連携協定（TPP）が実施されれば、放牧地を使った畜産そのものが大きく衰退しかねない。糞虫は動物糞を分解して養分循環を促進する重要な生態系機能を持っており（井村, 2010），多様な糞虫相は那須野が原の生態系の健全性を維持する上でも大切な役割を果たしているはずである。こうした問題も含めて那須野が原の糞虫相の保全を考える必要がある。

本稿で取り上げた糞虫の標本は、畜産草地研究所那須研究拠点および一部は那須野が原博物館で保管されている。

謝 辞

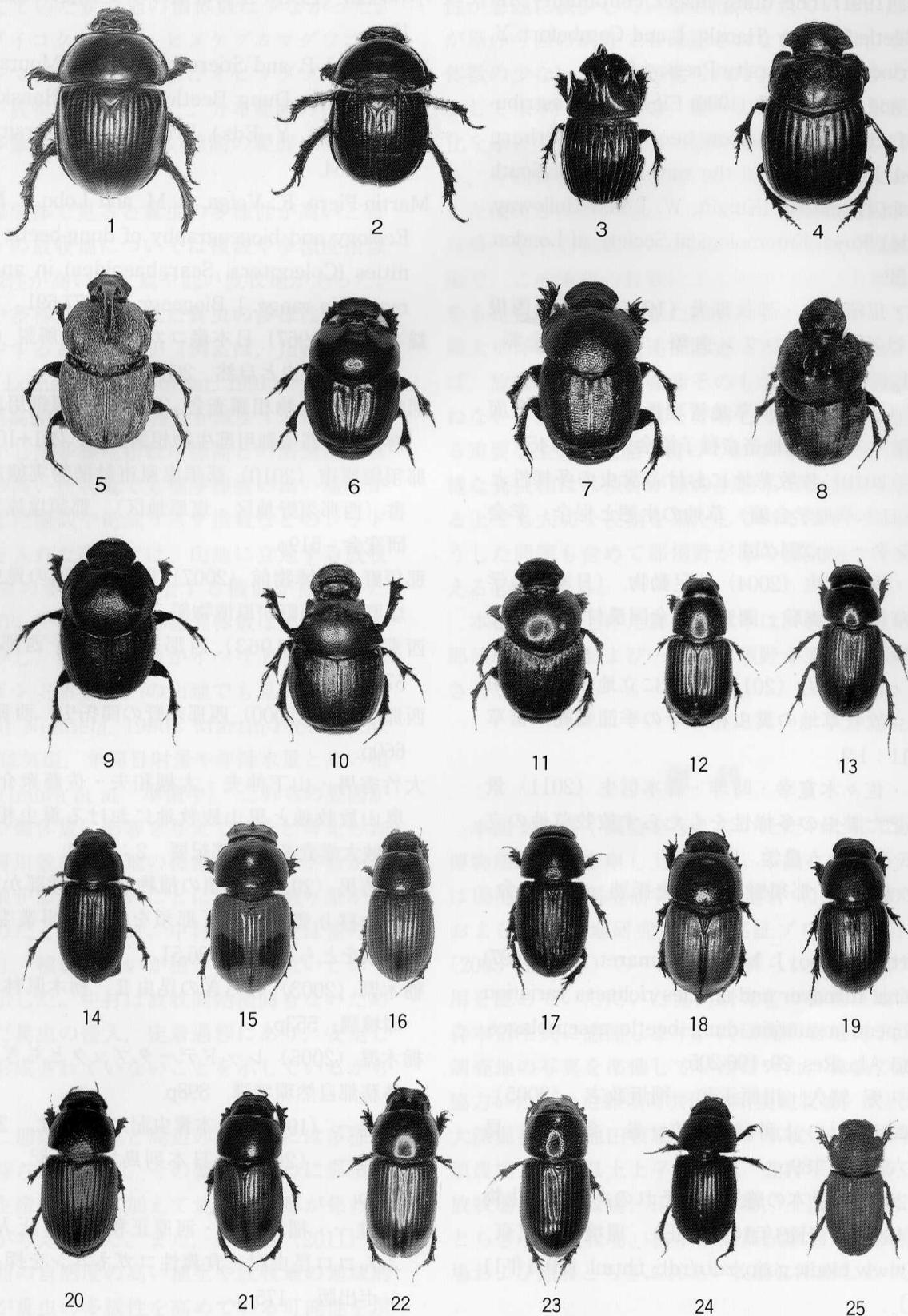
本論文を書く機会を与えていただいた那須野が原博物館にお礼を申し上げます。本論文の調査データは環境省地球環境研究総合推進費（1999～2001年）および畜産草地研究所現地実証プロジェクト研究（2003～2005年）の一部として採られた。データの使用を認めていただいた協同研究者の畜産草地研究所森本信生氏に感謝します。同研究所岩越充子氏には調査地の写真を準備していただいた。糞虫の調査に協力いただいた那須町共同利用模範牧場、大沢牧場、大深堀牧場、池田牧場、八方ヶ原牧場、自由学園那須農場、栃木県土上平放牧場、豊月平放牧場、大野放牧場、中村牧場、川村放牧場、上沢放牧場、酪農とちぎ小林放牧場、栃木県酪農試験場南那須育成牧場および酪農とちぎふれあい牧場に深謝します。

引用文献

- Canbefort, Y. and Hanski, I. (1991) Dung beetle population biology. In: Dung Beetle Ecology (Hanski, I. and Canbefort, Y. Eds.), Princeton University

- Press, p.36-50.
- Hanski, I. (1991) The dung insect community. In: Dung Beetle Ecology (Hanski, I. and Cambefort, Y. Eds.), Princeton University Press, p.5-21.
- Hanski, I. and Niemelä, J. (1990) Elevational distributions of dung and carrion beetles in northern Sulawesi. In Insects and the rain forests of South East Asia (Wallacea) (Knight, W. J. and Holloway, J. D. Eds.), Royal Entomological Society of London, p. 145-152.
- 早川博文・川崎金治・神長每夫 (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.
- 井村 治 (2009) 昆虫. 草地管理指標－草地の多面的機能編－. 日本草地畜産種子協会, p.135-145.
- 井村 治 (2010) 放牧草地における糞虫の多様性と働き. (日本草地学会編) 草地の生態と保全. 学会出版センター, p.204-214.
- 井村 治・森本信生 (2004) 節足動物. (日本草地学会編) 草地科学実験・調査法. 全国農村教育協会, pp. 337-340.
- 井村 治・山田大吾 (2011) 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変動. 畜草研報, 11: 1-9.
- 井村 治・佐々木寛幸・時坤・森本信生 (2011) 景観から見た糞虫の多様性をもたらす放牧草地の立地条件. システム農学, 27: 9-20.
- 石ぐら会 (1999) 那須野が原歴史探訪. 石ぐら会, 188p.
- Jay-Robert, P., Lobo, J. M. and Lumaret, J.-P. (1997) Altitudinal turnover and species richness variation in European mountain dung beetle assemblages. Arc. and Alp. Res. 29: 196-205.
- 川井伸矢・堀繁久・川原正和・稻垣政志 (2005) 日本産コガネムシ上科図説 第一巻 食糞群. 昆虫文献六本脚, 189p.
- 環境省 (2007) 日本の絶滅のおそれのある野生生物の種のリスト (H19年10月修正). 環境省, 東京, http://www.biodic.go.jp/rdb/rdb_f.html [2011年11月参照].
- 関東農政局 (1995) 那須野が原－国営那須野原総合開発事業の歩み－. 関東農政局那須野原開拓建設事業事務所, 625p.
- 黒磯市動植物実態調査研究会 (1998) 黒磯市動植物実態調査報告書. 黒磯市動植物実態調査研究会, 428p.
- 小林四郎 (1995) 生物群集の多変量解析. 蒼樹書房, 194p.
- Lumaret, J.-P. and Stiernet, N. (1991) Montane dung beetles. In: Dung Beetle Ecology (Hanski, I. and Cambefort, Y. Eds.), Princeton University Press, p.242-254.
- 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.
- 益本仁雄 (1967) 日本産コガネムシ類解説 (食糞群) I ~ XI. 昆虫と自然 2(1)~2(12).
- 那須御用邸生物相調査会 (2009) 那須御用邸の動植物相 II. 那須御用邸生物相調査会, 201+106p.
- 那須塩原市 (2010) 那須塩原市動植物実態調査報告書 (西那須野地区・塩原地区). 那須塩原市動植物研究会, 519p.
- 那須野が原博物館 (2007) 那須野が原の昆虫. 那須塩原市那須野が原博物館, 179p.
- 西那須野町 (1963) 西那須野町史. 西那須野町, 575p.
- 西那須野町 (2000) 西那須野の開拓史. 西那須野町, 660p.
- 大竹秀男・山下伸夫・大槻和夫・佐藤衆介 (2008) 奥山放牧地と里山放牧地における糞虫相の比較. 宮城大学食産業学部紀要 2: 61-64.
- 酒井芳男 (2010) 那須の植物相－平野部から山岳地への移り変わり. (「那須を綴る」事業委員会編) 那須をとらえる. p. 26-51.
- 栃木県 (2003) とちぎの昆虫 II. 栃木県林務部自然環境課, 553p.
- 栃木県 (2005) レッドデータブックとちぎ. 栃木県林務部自然環境課, 898p.
- 塙本珪一 (1994) 日本糞虫記. 青土社, 231p.
- 塙本珪一 (2003) 日本列島フン虫記. 青土社, 225p.
- 塙本珪一・稻垣政志・河原正和・森 正人 (2009) ふんコロ昆虫記－食糞性コガネムシを探そう－. トシボ出版, 175 p.
- 上野俊一・黒澤良彦・佐藤正孝 (1985) 原色日本甲虫図鑑 (II). 保育社, 514p.

付図 放牧地で記録された糞虫、数字は表2の種の番号。(番号に対応する数字は体長mm)



付図 放牧地で記録された糞虫、数字は表2の種の番号 (番号に対応する数字は体長mm)

1. 14-22, 2. 14-20, 3. 10-16, 4. 17-24, 5. 7-11, 6. 5-8, 7. 6.5-10, 8. 6-10, 9. 7-11,
10. 8-12, 11. 5.5-8, 12. 4-6, 13. 4.5-5.5, 14. 7.5-9, 15. 11-13, 16. 4-5, 17. 3-4.5,
18. 8.5-12.5, 19. 4.5-7, 20. 4.5-6.5, 21. 5-7.5, 22. 3.5-5, 23. 3.5-5, 24. 4.5-6, 25. 3-3.5