

## エゾシカ *Cervus nippon yesoensis* 高密度と中密度地域における 糞虫の多様性と季節消長の比較

村井隆晃<sup>1,2)</sup>・吉田剛司<sup>1)</sup>

Comparing diversity and seasonal abundance of dung beetle at different levels of deer density

Takaaki MURAI<sup>1,2)</sup> and Tsuyoshi YOSHIDA<sup>1)</sup>  
(Accepted 16 January 2013)

### はじめに

ハネカクシ、ガムシ、ハエといった様々な昆虫が糞を餌資源として利用する (Sanchez and Jose 2004; 井村 2007)。その中でも食糞性コガネムシ (以下、糞虫) は、個体数が最も多く、特にウシなどの家畜の研究や昆虫群集の研究の材料としてよく使用される (安田 1996)。糞虫群集の多様性は生息域の植生や餌資源として利用可能な糞量に影響されることから (Doube 1987)、森林衰退による植生改変、糞の供給元である野生動物の増加や減少は糞虫群集の多様性に影響を与える可能性が示唆されている (Estrada et al. 1998)。実際にボルネオ島やコロンビアでの森林伐採は糞虫群集の多様性を減少させている (Davis 2000; Medina et al. 2002)。一方で、イギリスのシカ個体数増加を原因とする森林衰退で植生改変が顕著でありながらも糞虫が利用できる餌資源量が増加したために、糞虫群集の多様性を高めた可能性が示されている (Stewart 2001)。

日本における糞虫群集の多様性研究において、糞分解による放牧草地の養分循環や草の生産性向上、ハエなどの発生抑制といった研究報告はあるが (笹山ほか 1984; 安田 1996; 井村ほか 2007, 2008)、野生動物の増加が引き起こす植生改変や糞量変化が糞虫群集の多様性や生態に与える影響も考慮の必要がある。実際にニホンジカ (*Cervus nippon*) が高密度に生息する地域では、下層植生の被度の減少や樹皮剥ぎによる樹木密度の減少など森林全体の植生の衰退も起こっている (梶 1986; 佐藤ほか 2005)。例えば、奈良県大台ヶ原では個体数が激増したニホンジカの採食圧によってトウヒ (*Picea jezoensis*) が衰

退し、ミヤコザサ (*Sasa nipponica*) 草地が拡大する森林衰退が起こっているが (横田・中村 2002)、ニホンジカの増加による森林衰退は餌資源の増加があったとしても、糞虫群集の多様性を減少させている可能性を示している (佐藤 2008)。

しかしながらエゾシカ (*C. n. yesoensis*) による農林被害や生態系影響が顕著な北海道において、草地に頻繁に出没するシカと糞中の関連研究は乏しい。そこで本研究では、エゾシカの高密度化により植生改変が著しい洞爺湖中島 (洞爺湖町・壮瞥町) と中密度地域であるがエゾシカ個体数の増加が懸念される占冠村とむかわ町を調査対象地として、糞虫相の多様性の比較によってエゾシカの高密度状態が糞虫群集とその季節消長に及ぼす影響を追究した。

### 調査対象地

本研究は洞爺湖中島 (北緯 42°36′, 東経 140°50′)、占冠村字占冠 (北緯 43°02′, 東経 142°23′)、むかわ町穂別 (北緯 42°48′, 東経 142°15′) の周囲を森林に囲まれた草地を調査対象地とした。

洞爺湖中島は虻田郡洞爺湖町と有珠郡壮瞥町にまたがる洞爺湖の中心部に位置する島である。1950~1960年代にかけて3頭のエゾシカを日高地方から持ち込んだ結果、爆発的に増加した (梶 1986)。1980年代から森林衰退が進行し、ササ類などのエゾシカの嗜好性植物の減少と消失、樹皮剥ぎによる森林衰退、ハンゴンソウ (*Senecio canabifolius*) などの不嗜好性植物の増加といった著しい植生改変が起こった地域である (助野・宮木 2007)。2012年には約 50 頭/km<sup>2</sup> という高密度にシカが生息している (梶ほか 未発表)。

<sup>1)</sup> 酪農学園大学大学院酪農学研究科野生動物保護管理学研究室

Laboratory of Wildlife Management, Graduate School of Dairy Science, Rakuno Gakuen University, Bunkyou-dai-Midorimachi, Ebetsu, Hokkaido, 069-8501, Japan

<sup>2)</sup> 財団法人日本分析センターむつ分析科学研究所

Japan Chemical Analysis Center, Mutsu Analytical Science Laboratory, Minatomachi, Mutsu, Aomori, 035-0064, Japan

勇払郡占冠村と勇払郡むかわ町は洞爺湖中島のようなシカの高密度化が起因となる森林衰退はなく、捕獲努力量(CPUE)による個体数推定では、近年急激にエゾシカの個体数が増加している中密度地域である(北海道庁 Web <http://www.pref.hokkaido.lg.jp/> 2012年1月31日確認)。

## 手 法

本研究では2011年5~10月の期間に月1~2回、洞爺湖中島・占冠村・むかわ町の3地点で各8回の糞虫を現地で採取した。直径19 cm、深さ8 cmのプラスチック製ザルのふちを地面と同じ高さまで埋めて8分目まで園芸用土を入れる早川式牛糞トラップを使用し(早川ほか1976)、ベイトとなる牛糞は100 gとした。トラップはシカの出没が確認できた草地の中心部に10 m間隔で5個ずつ設置した。糞虫には昼行性と夜行性の種が存在すること(笹山ほか1984)、また糞虫は乾燥した糞をほとんど摂食しないことから(池田2001)、トラップ回収は設置から24時間で統一した。回収したトラップの牛糞と土は袋に入れて持ち帰り、ソーティング後に種同定して個体数を記録した。糞虫の活動を考慮し、トラップ設置は天候が良好で高温の日を選択して調査を実施した。

## 結 果

### 糞虫相の多様性

洞爺湖中島では、2科6属13種の合計1,119個体の糞虫が採集され、占冠村では1科5属11種で合計1,099個体、むかわ町では2科6属14種の合計2,289個体の糞虫が採集された(表1)。

洞爺湖中島では、クロマルエンマコガネ(*Onthophagus ater*)が総採取個体数63.7%を占めた。また1998年までの調査で洞爺湖中島に生息が確認された糞虫は2科6属12種であったが(堀1998)、本研究で新たにフチケマゴソコガネ(*Aphodius urostigma*)とヨツボシマゴソコガネ(*A. sordidus*)の2種が採集できた。しかし、過去の調査で確認できたマキバマゴソコガネ(*A. pratensis*)は確認できなかった。またダイコクコガネ(*Copris ochus*)は過去に5個体しか採取されていないが、本研究では40個体と比較的に多くの個体が採集された。占冠村とむかわ町ではどちらも最も個体数の多かった種はコマグソコガネ(*A. pusillus*)であり、次にクロマルエンマコガネとなった。3調査地点で2科6属20種合計4,507個体の糞虫が採集された。3地点共通で個体数が多い糞虫中は、クロマルエンマコガネ、マエカド

コマグソコガネ(*Caccobius jessoensis*)、コマグソコガネであった。この3種は広域分布種であり、牛・馬・シカなど様々な動物の糞に集まることが知られている(小池ほか2006)。

洞爺湖中島、占冠村、むかわ町の糞虫群集の多様性の指標としてSimpson Index (D)とShannon-Wiener 関数( $H'$ )を算出して比較した。Dと $H'$ は個体数を含めた種の多様性の評価方法として、また種の稀少性の平均値を多様性の指標として、さらに一般的な生物多様性の指標として利用される(夏原1996;大垣2008;佐藤2008)。本研究では、表1に示すようにシカ密度の高い洞爺湖中島が多様性指標としてのDも $H'$ も最も低い値を示した。

### 糞虫群集の特徴と季節消長

糞虫は糞の利用方式で3つのグループに分けることができる。地上にある糞の中に入り、摂食、産卵、幼虫が育成する住込み屋(Dwellers: D)、地上にある糞の下に穴を掘り、その中に糞を運び込み、摂食・産卵する穴掘り屋(Tunnelers: T)、成虫が地上の糞を球状にして転がし地中に埋めた後に産卵する転がし屋(Rollers)のグループである(安田1996;大竹ほか2008;井村・山田2011)。日本に生息する転がし屋は数種のみで、本研究の調査で採集した糞虫は全てDwellersとTunnelersのグループに分類された。各地点でDwellersとTunnelersの出現種数比に差異はなかった。ただし表1が示すように個体数比は占冠で1.07、むかわで0.87であったが、シカ密度の高い洞爺湖中島では0.24となりTunnelersの個体数がDwellersに比べ圧倒的に多いことが証明された。

また各地点でのDwellersとTunnelersの総個体数を調査日ごとに比較した結果、占冠村とむかわ町では初夏の5~6月にかけてDwellersがTunnelersより個体数が多く、夏季から秋にかけてTunnelersの個体数がDwellersより多くなる。一方で洞爺湖中島では、期間を通じてTunnelersの個体数がDwellersより多かった(Figs. 1, 2, 3)。長野県や愛知県の牧草地においても占冠村やむかわ町と同様に、糞虫の季節消長はDwellersとTunnelersの優占時期がずれていることから(井村・山田2011;安田1996)、洞爺湖中島の糞虫の季節消長はシカの高密度化により影響を受けている可能性がある。Dwellersは地上の糞を利用し摂食と産卵するが、Tunnelersは地上の糞を地中に埋めて利用する。そのため、Tunnelersが地上の糞を地中に埋めることでDwellersが利用できる糞が少なくなり、餌不足

Table 1 Diversity and nest building categories of dung beetles in high deer density area (Toyoko Nakajima) and intermediate deer density areas (Shimukappu and Mukawa)

Japanese Common names	Scientific names	T or D <sup>(1)</sup>	Abundance (Number of samplings)		
			Toyoko Nakajima	Shimukappu	Mukawa
オオセンチコガネ	<i>Phelotrupes auratus auratus</i>	T			10
センチコガネ	<i>P. laevistriatus</i>	T	1		
ゴホンダイコクコガネ	<i>Copris acutidens</i>	T		1	25
ダイコクコガネ	<i>C. ochus</i>	T	40		
ツノコガネ	<i>Liatongus minutus</i>	T	1	1	42
マエカドコエンマコガネ	<i>Cacobius jessoensis</i>	T	145	120	260
シナノエンマコガネ	<i>Onthophagus bivertex</i>	T	1	74	294
クロマルエンマコガネ	<i>O. ater</i>	T	713	232	392
オオマグソコガネ	<i>Aphodius quadratus</i>	T	2	103	198
セマルオオマグソコガネ	<i>A. brachysomus</i>	T			3
ツマベニマグソコガネ	<i>A. haemorrhoidalis</i>	D	2		
マルツヤマグソコガネ	<i>A. troitzkyi</i>	D		1	
コスジマグソコガネ	<i>A. lewisii</i>	D			1
スジマグソコガネ	<i>A. rugosostriatus</i>	D			19
フチケマグソコガネ	<i>A. urostigma</i>	D	5	11	108
コマグソコガネ	<i>A. pusillus</i>	D	82	373	837
マグソコガネ	<i>A. rectus</i>	D	50	17	89
ヨツボシマグソコガネ	<i>A. sordidus</i>	D	1		
ヌバタママグソコガネ	<i>A. brevisculus</i>	D		166	10
ウスイロマグソコガネ	<i>A. sublinbatus</i>	D	76		
<b>Subtotal</b>			1,119	1,099	2,288
<b>Number of Species</b>			13	11	14
<b>Diversity: Simpson <math>D^{(2)}</math></b>			0.564	0.792	0.796
<b>Diversity: Shannon-Weiner <math>H^{(3)}</math></b>			1.81	2.53	2.72
<b>D/T ratio in number of species</b>			0.86	0.83	0.75
<b>D/T ratio in number of samples collected</b>			0.24	1.07	0.87

(1) T: Tunnelers, D: Dwellers, (2) Simpson  $D = 1 - \sum_{i=1}^N p_i^2$ , (3) Shannon-Weiner  $H = -\sum_{i=1}^N p_i \log_2 \frac{N}{p_i}$ ,  $N$  is number of species and the proportional abundance of the  $i^{\text{th}}$  type is  $p_i$

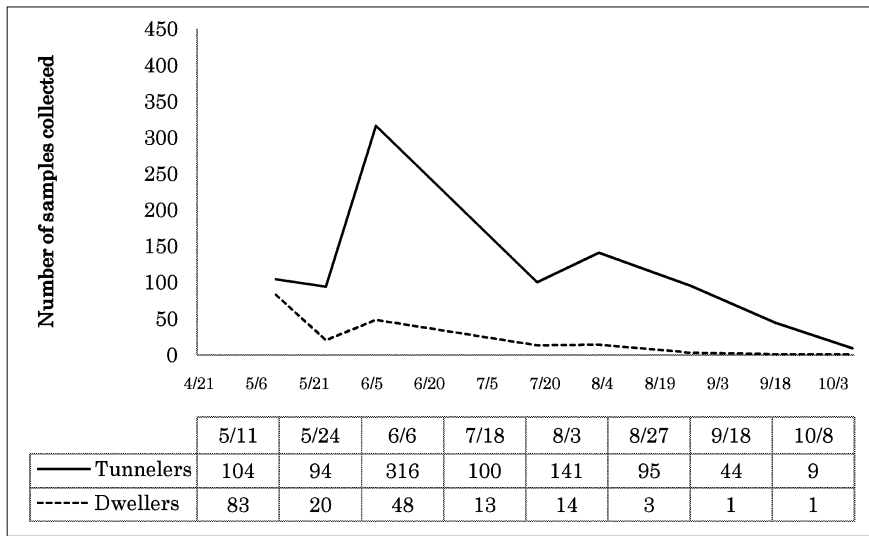


Fig. 1 Seasonal abundance of dung beetles in different nesting categories (Tunnelers and Dwellers) in high sika deer density landscape (Toyako Nakajima)

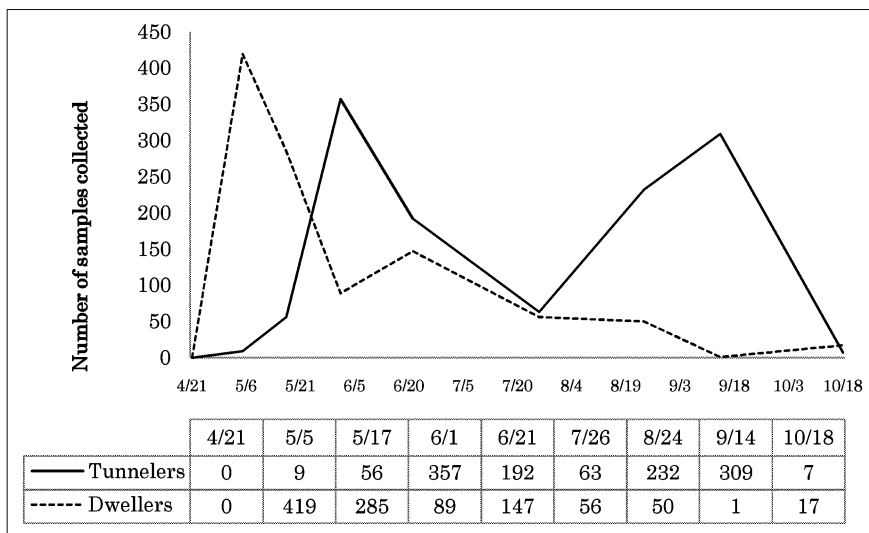


Fig. 2 Seasonal abundance of dung beetles in different nesting categories (Tunnelers and Dwellers) in intermediate sika deer density landscape (Shimukappu Village)

により摂食や幼虫が発育できない (Hanski and Cambefort 1991)。占冠村とむかわ町では、季節による Dwellers と Tunnelers の棲み分けがあると推測できる。しかし、洞爺湖中島では常に Tunnelers が Dwellers を優占している。

まとめ・考察

エゾシカが高密度に生息する洞爺湖中島での糞虫の種多様度は、シカ中密度地域の占冠村とむかわ町より低い値を示した。また洞爺湖中島のD/T個体数比は、Tunnelers の個体数が Dwellers より圧倒的に

多く、常に Tunnelers が優占していた。種多様度、D/T比、季節消長の比較により、洞爺湖中島の糞虫群集は、シカの高密度状態によって多様性や群集構造に影響を受けている可能性がある。

種間競争では Dwellers が糞を利用していても Tunnelers は糞を地中に埋めることが可能なことや、Dwellers は小型な種が多い一方で、Tunnelers は中大型の種が多いことなどから (大竹ほか 2008)、Tunnelers は Dwellers より種間競争で強いと考えられるが、今後の調査設計により種間競争を明らかにする必要がある。

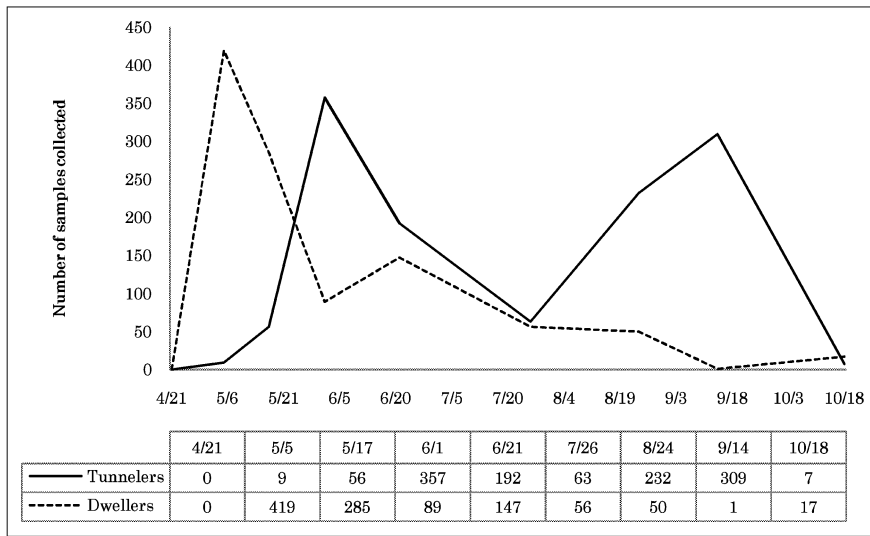


Fig. 3 Seasonal abundance of dung beetles in different nesting categories (Tunnelers and Dwellers) in intermediate sika deer density landscape (Mukawa Town)

洞爺湖中島は閉鎖空間であり、エゾシカの高密度状態が続き森林衰退や植生改変、糞虫の利用可能な餌資源の供給が多い状態が続いている。ただしクロマルエンマコガネを含む数種の Tunnelers は糞以外にも腐敗動物質を餌として利用する。冬期に死亡したエゾシカの腐肉を春にクロマルエンマコガネが利用することが個体数を増加させている可能性も考えられるが、本研究ではそれを明らかにできなかった。今後は、洞爺湖中島のような特殊な糞虫群集の構造が、さらなる Tunnelers 個体数の増加や Dweller 個体数の減少、それによつての糞虫群集の多様性に影響を及ぼす可能性についても追究する必要がある。

謝 辞

本研究の遂行にあたり、調査方法や調査内容についてご指導を戴いた北海道開拓記念館の堀繁久学芸第一課長、東京農工大学大学院の梶光一教授、(独)森林総合研究所の高橋裕史主任研究員、松浦友紀子研究員に感謝の意を表す。UW クリーンレイク洞爺湖、(有)室田自動車工場、洞爺湖町役場、占冠村役場の方々には様々な便宜をはかって頂いた。本研究の実施にあたって、酪農学園大学大学院酪農学研究科の山舗直子教授、中谷暢丈准教授、伊吾田宏正准教授、日野貴文 PD フェローにはご助言を戴くとともに本論文の細部にわたりご指導を戴いた、ここに深謝の意を表す。また現地調査には、義久侑平氏をはじめとする酪農学園大学野生動物保護管理学研究室所属の多くの皆様にご協力を頂いた。

なお本論の成果の一部は第 59 回日本生態学会(植生劣化地域における糞虫群集の多様性 — エゾシカ高密度地域洞爺湖中島における事例 —)にてポスター発表した。また本研究の一部は、環境研究総合推進費 (D1103: 支笏洞爺国立公園をモデルとした生態系保全のためのニホンシカ捕獲の技術開発 代表: 吉田剛司) により実施された。

引用文献

Davis A. J. (2000) Does reduced-impact logging help preserve biodiversity in tropical rainforests? A case study from Borneo using dung beetles (Coleoptera: Scarabaeoidea) as indicators. *Environ. Entomol.*, 29: 467-475.

Doube B. M. (1987) Spatial and temporal organization in communities associated with dung pads and carcasses. Blackwell Science, Oxford, 255-280.

Estrada A., Coates E. R., Dadda A. A. and Cammarano P. (1998) Dung and carrion beetles in tropical rain forest fragments and agricultural habitats at Los Tuxtlas, Mexico. *J. Tropical Ecol.*, 9: 45-54.

Hanski I. and Cambefort Y. (1991) Competition in dung beetles. 366-371. Princeton University Press, Princeton.

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. *北病虫研究会報*, 27: 114.

- 堀 繁久 (1998) 洞爺湖中島の甲虫相 (III) センチコガネ科・コガネムシ科. *jezoensis*, 25: 1-3.
- 池田浩一 (2001) 福岡県におけるニホンジカの生息および被害状況について. 福岡県森林林業技術センター研究報告, 3: 1-83.
- 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(1): 47-51.
- 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. 畜産草地研究所研究報告, 8: 1-9.
- 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.
- 梶 光一 (1986) 洞爺湖中島の個体群動態と管理. 哺乳類科学, 53: 25-28.
- 小池伸介, 葛西真輔, 後藤優介, 山崎晃司, 小林賢恒 (2006) ニホンツキノワグマの糞に飛来する食糞性コガネムシ. 日林誌, 88: 279-285.
- Medina C. A., Escobar F. and Kattan G. H. (2002) Diversity and habitat use of dung beetles in a restored Andean Landscape. *Biotropica*, 34: 181-187.
- 夏原由博 (1996) チョウ群集調査データの解析法. 昆虫と自然, 31(14): 18-24.
- 大垣俊一 (2008) 多様度と類似度. 分類学的新指標. *Argonauta*, 15: 10-22.
- 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(1): 61-64.
- Sanchez P. and Jose M. A. (2004) Dung-insect community composition in arid zones of south-eastern Spain. *J. Arid Environments*, 56: 303-327.
- 笹山清憲, 中村清孝, 萬田正治, 黒肥地一郎 (1984) フン虫の日周飛来消長とその季節変化および気象要因との関係. 日草誌, 29(4): 362-367.
- 佐藤宏明, 神田奈美, 古澤仁美, 横田岳人, 柴田 叡弐 (2005) 奈良県大台ヶ原における糞粒法によるニホンジカの生息密度推定とその問題点. 保全生態学研究, 10: 185-193.
- 佐藤宏明 (2008) 奈良県大台ヶ原においてニホンジカの増加がもたらした糞虫群集の多様性の低下. 日林誌, 90(5): 315-320.
- Stewart A. J. A. (2001) The impact of deer on lowland woodland invertebrates: a review of the evidence and priorities for future research. *Forestry*, 74: 260-270.
- 助野実樹郎, 宮木雅美 (2007) エゾシカの増加が洞爺湖中島の維管束植物相に与えた影響. 野生生物保護, 11(1): 43-66.
- 安田弘法 (1996) 食糞性コガネムシ群集の多様性と変動機構. 日本生態学会誌, 46: 321-325.
- 横田岳人, 中村沙映 (2002) 大台ヶ原山上域のササ草地拡大の時間推移. 奈良植物研究, 24: 15-18.

### Abstract

Ecology of dung beetle is strongly influenced by dung amount, wildlife and vegetation. We evaluated the impacts of deer density on diversity and seasonal abundance of dung beetle in different sika deer (*Cervus nippon yezoensis*) populated landscapes, highly density landscape (the Nakajima Island in Lake Toya) and intermediate level of deer density landscapes (Shimukappu Village and Mukawa Town). The result of the study showed that diversity of dung beetles based on both Simpson diversity ( $D$ ) and Shannon-Weiner ( $H'$ ) indexes were much lower in high deer density state of landscape. Abundance of dung beetles was also influenced by the deer density. Tunneler group of dung beetles dominated over dweller group while all season long in the Nakajima Island, although dominant species groups varied in season at the lesser deer density landscapes. This study indicated the possibility of ecological impacts in diversity and seasonal structure of dung beetles according to the high-density state of the deer.