

原著論文

糞を用いたタイリクモモンガ *Pteromys volans* の生息確認方法

寫本 樹^{1,2}, 古川 竜司², 鈴木 圭^{1,2}, 柳川 久^{1,2}

¹ 岩手大学大学院連合農学研究科

² 帯広畜産大学野生動物管理学的研究室

摘 要

タイリクモモンガ *Pteromys volans* は、フィンランドやエストニア、韓国などでは森林分断化の影響による個体数の減少が危惧されている。北海道の十勝地方においても、過去の森林分断化によって生息地が減少した上に、現在でもさらに生息地の分断化・減少が進行している。本種に対する森林分断化の影響を評価するには、生息確認方法を確立し、生息状況をモニタリングする必要がある。本研究では、糞による簡便かつ効率的な生息確認方法を確立するために、糞が頻繁に発見される場所の特徴や糞の発見効率を検討した。11ヶ所の樹林地（面積0.42–13.69 ha）において、それぞれ10 mの調査ラインをランダムに12本引き、両側4 m（片側2 m）の範囲で糞の有無を確認した。全ての樹林地で本種の糞が発見され、1ヶ所の樹林地あたりの発見糞塊数は平均9.7個、発見ライン数は平均6.2本であった。糞は胸高直径が太い樹木の近くでよく発見され、胸高直径24 cm以上の樹木から20 cm以内の範囲で糞を探すことが効率的であることがわかった。一方で、樹林面積は糞の発見ライン数に影響しなかった。そのため、樹林面積の大きさによって、調査努力量を変える必要はないと考えられた。本調査の結果から、面積に関わらず1ヶ所の樹林地につき5本程度のラインを引いて糞を探すことで、簡便かつ効率的に本種の生息を確認できることがわかった。

は じ め に

森林の分断化は、野生動物の生息地を分断、消失することによるアリー効果や近親交配、確率論的な絶滅につながり（Lampila et al. 2009）、様々な動物種に対して個体数の減少や個体群の絶滅、あるいは生物多様性の低下をもたらす（Robinson et al. 1995 ; Bender et al. 1998 ;

Fahrig 2003 ; Baillie et al. 2004）。森林分断化による影響を正確に評価するためには、動物の生息状況を長期間モニタリングしていく必要がある（Debinski and Holt 2000 ; Koskimäki et al. 2013）。

ユーラシア大陸北部一帯から日本の北海道に生息するタイリクモモンガ *Pteromys volans* は休息や繁殖のために樹洞を利用し（Kadoya et al. 2010 ; Suzuki et al. 2013）、採食物では木本類を利用するため（Hanski et al. 2000 ; Airapetyants and Fokin 2003 ; 浅利ほか2008）、森林に強く依存した生活をしている。本種はフィンランドやエストニアあるいは韓国などにおいては、過度な森林伐採による好適な生息環境の消失や森林の分断が原因で、個体数の減少や個体群の絶滅が危惧されている（Hokkanen et al. 1982 ; Timm and Kiristaja 2002 ; Jackson 2012）。北海道帯広市を含む十勝地方においても、開拓後60年間で樹林面積が約3%までに減少しており（Konno 2002）、現在も農地や住宅地開発、道路建設のために森林分断化が進んでいる（浅利・柳川2008）。そのため、多くの森林が分断された状態となっており、将来的には前述した諸外国と同様にタイリクモモンガの個体数減少が懸念される。

分断化された生息地において、本種の個体群を維持するためには、森林の分断化が本種に与える影響を正確に評価する必要がある。生息地が分断される前後で本種の生息状況を比較することや分断後の生息状況をモニタリングしていくことで、森林分断化が本種に与える影響をより正確に評価することができるかもしれない。そのため、孤立林においてタイリクモモンガの生息を確認する手法を確立する必要があるが、タイリクモモンガは夜行性であり、かつ体サイズが小さいため（山口・柳川1995 ; 柳川1999）、直接観察法による生息確認は非効率的である。一方、本種の糞は野外においても識別が容易であり（門崎2001）、営巣樹洞の特定にも用いられているため（Suzuki et al. 2011）、糞による生息確認が可能だろう。

しかしながら、森林内で網羅的にタイリクモモンガの糞を探索することは非効率的であるため、どのような場所を探せば効率的にその生息を確認できるのかを明らかにする必要がある。また、誰もが利用可能な本種の生息確認方法を確立するためには、簡便であり、必要な調査努力量が明確にされている必要がある。そこで本研究では、タイリクモモンガの糞を用いた簡便で効率的な生息確認方法を確立するために、本種の糞が頻繁に発見される場所の特徴や生息確認に必要な調査努力量を明らかにする。

調 査 方 法

1. 調査地

筆者らは2013年4月から5月の間に、北海道帯広市(42°46'–42°53'N, 143°4'–143°11'E)のタイリクモモンガの生息が確認されている11ヶ所の孤立した樹林地で、本種の糞を探した。

調査した各樹林地の面積は0.4–13.7 haであり、針広混交林であった1ヶ所の樹林地を除き、すべての樹林地が落葉広葉樹林であった(表1)。落葉広葉樹林はハルニレ *Ulmus davidiana* var. *japonica*, ヤチダモ *Fraxinus mandshurica*, シラカンバ *Betula platyphylla*, オニグルミ *Juglans mandshurica* およびカシワ *Quercus dentata* によって構成されており、針広混交林はこれらに加えてチョウセンゴヨウ *Pinus koraiensis*, ストローブマツ *Pinus strobus* およびカラマツ *Larix leptolepis* によって構成されていた。

2. 糞の識別

門崎(2001)によるとタイリクモモンガの糞は米粒状で、通常は多数が1ヶ所に糞塊状(以下、発見数以外は

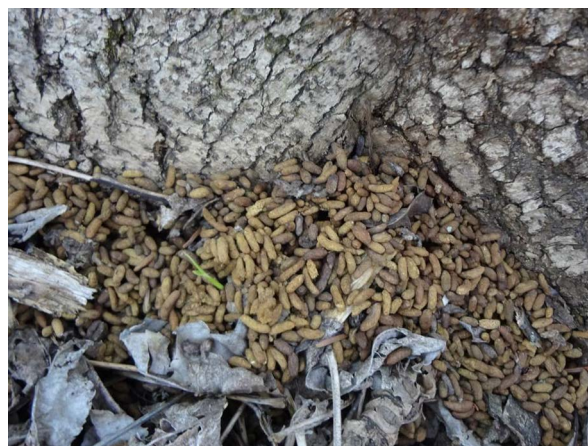


図1. タイリクモモンガの糞.

単に糞と記す)で見られる(図1)。糞の長さは4–15 mm, 直径が2–5 mmであり、色は採食物や排泄後の経過時間で変化し、新鮮な状態では黄緑色・黄褐色・緑褐色で、古くなると暗褐色・赤銅色・黒銅色になる。また、糞を碎くと微粉・微粒あるいは繊維状であるため、他の小型哺乳類の糞とは容易に区別できる。

3. 糞の探索方法および糞を発見した樹木の計測

糞の探索は1ヶ所の樹林地あたり、面積に関わらず10 mの調査ラインをランダムに12本引き、ラインの両側4 m(片側2 m)の範囲内で行った。調査時間は調査努力量が一定となるように、1本のラインにつき15分以内を目安とした。同様の調査を全ての樹林地で行った。

糞を発見した場所の特徴を明らかにするため、2つの環境要素に着目した。タイリクモモンガは老齢で大径木が多い森林に生息し(Reunanen et al. 2002)、高樹高の大径木に選択的に着地(滑空の場合、実際は地上ではなく樹木の幹に到達するが、以下着地と記す)する(Suzuki et al. 2012)。そこで、本種の糞は樹高が高い大径木の近くによく落ちていると考え、(1)糞の発見場所から最も近い樹木(以下、糞確認樹木)までの距離、(2)その樹木の胸高直径(以下、「DBH」とする)を計測した。DBHに関しては、糞が確認されなかった樹木を比較対照にするため、ランダムに選択した樹木の周辺1 m以内に糞がないことを確認し(以下、糞未確認樹木)、糞未確認樹木のDBHを計測した。ただし、タイリクモモンガと同じ体サイズのオオアメリカモモンガ *Glaucomys sabrinus* はDBHが10 cm以下の樹木には着地しないため(Vernes 2001)、本調査ではそのような樹木を対象外とした。解析には糞確認樹木と糞未確認樹木の間で、二

表1. 調査した樹林地の面積と樹林タイプ

樹林ID	樹林面積 (ha)	樹林タイプ
A	2.7	落葉広葉樹林
B	0.4	落葉広葉樹林
C	1.8	落葉広葉樹林
D	2.7	落葉広葉樹林
E	4.6	落葉広葉樹林
F	13.7	針広混交林
G	2.2	落葉広葉樹林
H	0.5	落葉広葉樹林
I	4.8	落葉広葉樹林
J	3.2	落葉広葉樹林
K	6.7	落葉広葉樹林

項分布を仮定した一般化線形混合モデルを構築した。糞の有無を応答変数、DBHを説明変数の固定効果、樹林地IDをランダム効果とし、 P 値を χ^2 検定によって算出した。統計解析には、解析ソフトのR version 3.0.1 (R Development Core Team, URL: <http://www.r-project.org/>; 最終確認日 2013 年 5 月 20 日)を用いた。

本調査では、専門知識を持たない者にも汎用性の高い調査方法の確立を目的としたため、樹種の特定は行わなかった。また、樹林タイプや林床植生による糞の発見への影響は、調査地のほとんどが落葉広葉樹林で、林床植生も同程度であったため解析に含めなかった。

4. 調査努力量の評価

効率的に調査を行うためには調査努力量の定量化が必要である。樹林面積によって糞の発見効率が異なり、樹林面積の狭い調査地では糞の発見ライン数が多く、樹林面積が広い調査地では糞の発見ライン数が少なくなる可能性があるため、樹林面積によって調査努力量を変える必要があるかどうかを調べた。12本の調査ラインに対する糞が発見された調査ライン数の割合を応答変数、樹林面積を説明変数とし、二項分布を仮定した一般化線形モデルを構築した。 P 値を χ^2 検定によって算出した。

また、具体的な調査努力量を明らかにするために、糞の探索で得られた12本の調査ラインのうち糞が見つかった平均ライン数を基に、95%以上の確率で1本でも糞が見つかる調査ライン数を算出するために以下の式を用いた。

$$R = 1 - ((12 - n)/12)^m$$

R: 糞の発見率, n: 12本のラインのうち糞が見つかる平均ライン数, m: 調査ライン数

結 果

調査を行った11ヶ所の樹林地全てでタイリクモモンガの糞が発見され、樹林地1ヶ所あたりの発見糞塊数は 9.7 ± 3.9 (平均値 \pm SD, $n=11$) 個で、発見ライン数は 6.2 ± 1.7 (平均値 \pm SD, $n=11$) 本であった。

糞の発見場所は樹木から 22.46 ± 4.25 (平均値 \pm SE, $n=107$) cmの距離であり、その80%以上が樹木から約20 cm以内の範囲にあった(図2)。

また、糞確認樹木および糞未確認樹木のDBHは、図3のように前者の約80%が24 cm以上で、後者の80%以上が35 cm未満であり、それぞれの平均値は 34.87 ± 1.29 (平均値 \pm SE, $n=107$) cm および 26.96 ± 0.66 cm (平均

値 \pm SE, $n=107$) であった。解析の結果、糞確認樹木のほうが糞未確認樹木よりも有意に太かった (Estimate = 0.07453, SE = 0.01574, $P < 0.001$)。つまり、糞の発見場所はより太い樹木の近くに偏っていた。

樹林面積と糞の発見ライン数との間には明確な関係はみられず (Estimate = -0.02079, SE = 0.04906, $P = 0.6720$: 図4)、樹林面積は糞の発見ライン数には影響を与えていなかった。12本の調査ラインのうち平均6.2 (5-7.4, 95%信頼区間) 本で糞が見つかり、この結果を前述の式に当てはめるとタイリクモモンガが生息している樹林地であれば、5 (4-6, 95%信頼区間) 本の調査ラインを設けることで95%以上の確率で少なくとも1本のラインで糞が見つかることが分かった。

考 察

本研究の結果は、本種の糞の探索をDBHが24 cm以上ある樹木の周囲20 cm以内で行うことで効率的に本種の生息確認が可能であることを示している。本種は樹上で排便することが知られており(門崎 2001)、樹木の近くに糞が多く落ちていたため、糞を発見しやすかったと考えられる。また、本種は老齢で大径木の多い森林を好むことや滑空する際に高樹高木に着地することが知られており (Suzuki et al. 2012)、比較的DBHの大きな樹木を利用するため、糞をよく発見できたと考えられる。

本調査では、調査地の樹林面積と糞の発見ライン数の間には明確な関係はみられなかった。つまり樹林面積によって糞が見つかる確率が大きく変化することではなく、調査地によって調査努力量を変える必要がないと考えられる。加えて、1ヶ所の樹林地につき調査ライン数を5本にして糞を探索すれば、タイリクモモンガが生息する樹林地を高確率で検出できることがわかった。つまり、樹林面積に関わらず5本のラインを、DBHが24 cm以上の樹木から20 cm以内の範囲を多く通るように設定することで、タイリクモモンガの生息を効率よく確認できるだろう。

しかしながら、タイリクモモンガの生息密度が低い場所では、糞を発見できる確率も低くなることが予測される。一般的に野生動物の生息密度を推定することは非常に困難であり、本調査でもタイリクモモンガの生息密度を考慮できなかった。今後は、本種の生息密度によって調査努力量を変化するかを明らかにすることで、より正確な生息確認が可能になるかもしれない。

また、本調査期間は4月から5月であったため、下層植生が比較的少ない時期に調査を実施できた。下層植生

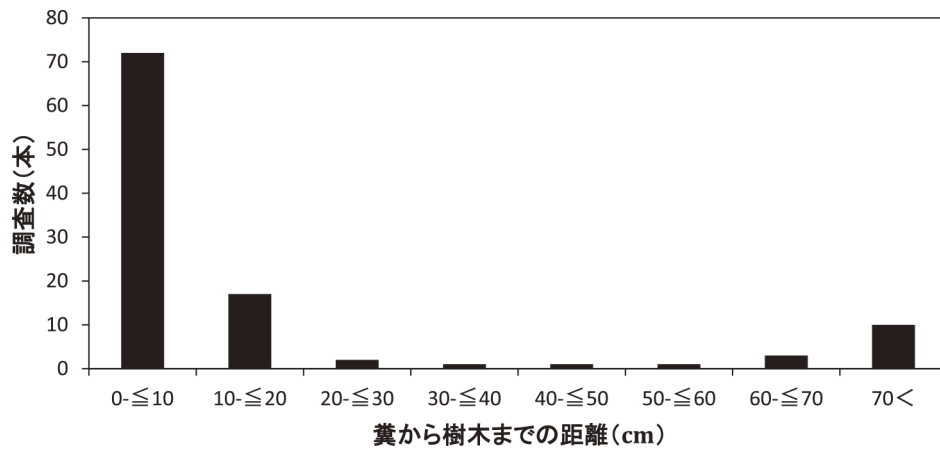


図2. 糞の発見場所から最も近い樹木までの距離のヒストグラム.

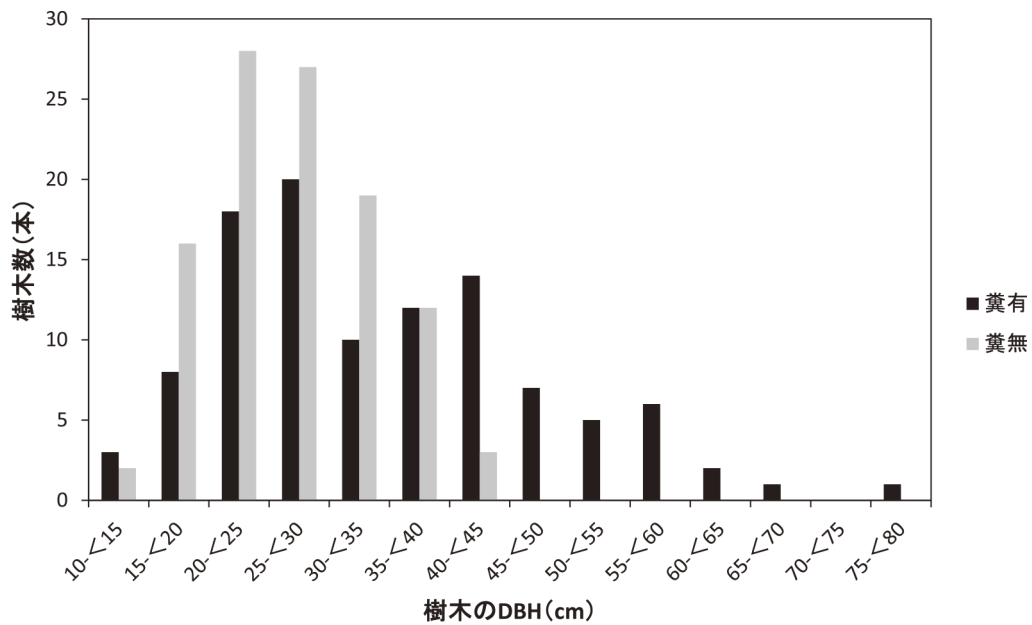


図3. 糞を発見した場所から最も近い樹木と糞未確認樹木の胸高直径 (DBH).

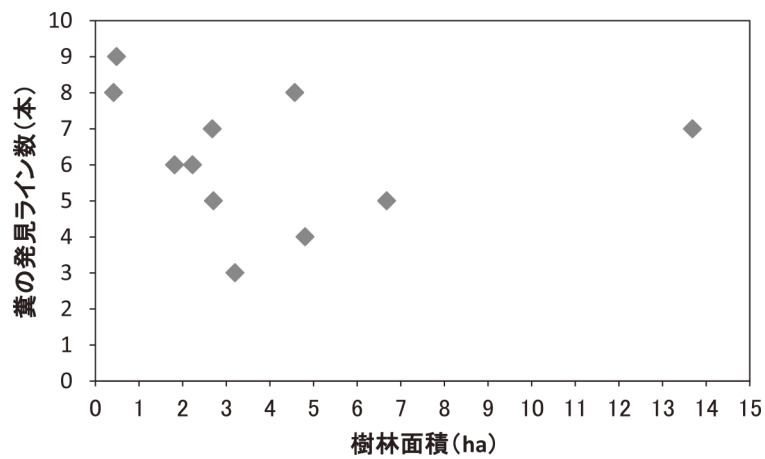


図4. 調査地である11ヶ所の樹林面積と各樹林地における糞の発見ライン数との関係.

が繁茂する夏季に本調査方法を実施する場合は、糞をより丁寧に探す必要があるかもしれない。また、積雪期である冬季は本調査期間と比較し、糞の発見が容易になると考えられる。

さらに、本調査地のほとんどが落葉広葉樹林であったため、樹林タイプが糞の発見に与える影響については検討できなかった。一方、採食物や生息地としても利用されることがある針葉樹林は、広葉樹林と比較して下層植生が少ない (Messier et al. 1998)。そのため、針葉樹林でも本調査方法を適用できるだろう。

本調査方法を用いることで、孤立林におけるタイリクモモンガの生息を簡便かつ効率的にモニタリングできるようになると考えられる。北海道十勝地方のように、短期間で森林が分断された環境 (Konno 2002) において、タイリクモモンガの生息状況を正確に把握するために、本調査方法を用いた継続的なモニタリングが行われることを期待する。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、帯広畜産大学の押田龍夫教授ならびに高田まゆら助教 (現東京大学准教授) には多くのご助言をいただき、帯広畜産大学野生動物管理学研究室の大学院生および学部生には調査にご協力頂いた。深く感謝申し上げる。

引 用 文 献

- Airapetyants, A. E. and Fokin, I. M. 2003. Biology of European flying squirrel *Pteromys volans* L. (Rodentia: Pteromyidae) in the north-west of Russia. *Russian Journal of Theriology* 2: 105–113.
- 浅利裕伸・山口裕司・柳川 久. 2008. 野外観察によって確認されたエゾモモンガの採食物. *森林野生動物研究会誌* 33: 7–11.
- 浅利裕伸・柳川 久. 2008. 北海道帯広市に設置されたモモンガ用道路横断構造物のモニタリング. *ANIMATE* 7: 44–49.
- Baillie, J. E. M., Hilton-Taylor, C. and Stuart, S. N. 2004. 2004 IUCN Red List of Threatened Species: A Global Species Assessment. IUCN, Cambridge, 191 pp.
- Bender, D. J., Contreras, T. A. and Fahrig, L. 1998. Habitat loss and population decline: a meta-analysis of the patch size effect. *Ecology* 79: 517–533.
- Debinski, D. M. and Holt, R. D. 2000. A survey and overview of habitat fragmentation experiments. *Conservation Biology* 14: 342–355.
- Fahrig, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 34: 487–515.
- Hanski, I. K., Mönkkönen, M., Reunanen, P. and Stevens, P. 2000. Ecology of the Eurasian flying squirrel (*Pteromys volans*) in Finland. In (R. L. Goldingay and J. S. Scheibe, eds.) *Biology of Gliding Mammals*, pp. 67–86. Filander Verlag, Fürth.
- Hokkanen, H., Törmälä, T. and Vuorinen, H. 1982. Decline of the flying squirrel *Pteromys volans* I. populations in Finland. *Biological Conservation* 23: 273–284.
- Jackson, S. 2012. *Gliding Mammals of the World*. CSIRO Publishing, Melbourne, 232 pp.
- 門崎允昭. 2001. エゾモモンガ *Pteromys volans* の痕跡. *森林野生動物研究会誌* 27: 27–30.
- Kadoya, N., Iguchi, K., Matsui, M., Okahira, T., Kato, A., Oshida, T. and Hayashi, Y. 2010. A preliminary survey on nest cavity use by Siberian flying squirrels, *Pteromys volans orii*, in forests of Hokkaido Island, Japan. *Russian Journal of Theriology* 9: 27–32.
- Konno, Y. 2002. Present status of remnant forests in Obihiro, eastern Hokkaido, Japan. *Obihiro Asia and the Pacific Seminar on Education for Rural Development (OASERD)*: 39–46.
- Koskimäki, J., Huitu, O., Kotiaho, J. S., Lampila, S., Mäkelä, A., Sulkava, R. and Mönkkönen, M. 2013. Are habitat loss, predation risk and climate related to the drastic decline in a Siberian flying squirrel population? A 15-year study. *Population Ecology* 56: 341–348.
- Lampila, S., Wistbacka, R., Mäkelä, A. and Orell, M. 2009. Survival and population growth rate of the threatened Siberian flying squirrel (*Pteromys volans*) in a fragmented forest landscape. *Ecoscience* 16: 66–74.
- Messier, C., Parent, S. and Bergeron, Y. 1998. Effects of overstory and understory vegetation on the understory light environment in mixed boreal forests. *Journal of Vegetation Science* 9: 511–520.
- Reunanen, P., Nikula, A., Mönkkönen, M., Hurme, E. and Nivala, V. 2002. Predicting occupancy for the Siberian flying squirrel in old-growth forest patches. *Ecological Applications* 12: 1188–1198.
- Robinson, S. K., Thompson III, F. R., Donovan, T. M., Whitehead, D. R. and Faaborg, J. 1995. Regional forest fragmentation and the nesting success of migratory birds. *Science* 267: 1987–1990.
- Suzuki, K., Asari, Y. and Yanagawa, H. 2012. Gliding locomotion of Siberian flying squirrels in low-canopy forests: the role of energy-inefficient short-distance glides. *Acta Theriologica* 57: 131–135.
- Suzuki, K., Mori, S. and Yanagawa, H. 2011. Detecting nesting trees of Siberian flying squirrels (*Pteromys volans*) using their feces. *Mammal Study* 36: 105–108.
- Suzuki, K., Sagawa, M. and Yanagawa, H. 2013. Nest cavity selection by the Siberian flying squirrel *Pteromys volans*. *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy* 24: 187–189.
- Timm, U. and Kiristaja, P. 2002. The Siberian flying squirrel (*Pteromys volans* L.) in Estonia. *Acta Zoologica Lituanica* 12: 433–436.
- Vernes, K. 2001. Gliding performance of the northern flying squirrel (*Glaucomys sabrinus*) in mature mixed forest of eastern Canada. *Journal of Mammalogy* 82: 1026–1033.
- 山口裕司・柳川 久. 1995. 野外におけるエゾモモンガ *Pteromys volans orii* の日周期活動. *哺乳類科学* 34: 139–149.
- 柳川 久. 1999. エゾモモンガの生態 (ビデオ発表) —北海道十勝平野における一年間の記録—. *哺乳類科学* 39: 181–183.

ABSTRACT

A confirmation method for the presence of the Siberian flying squirrel via fecesTatsuki Shimamoto^{1,2}, Ryuji G. Furukawa², Kei Suzuki^{1,2,*} and Hisashi Yanagawa^{1,2}¹The United Graduate School of Agricultural Sciences, Iwate University, Morioka 020-8550, Japan²Laboratory of Wildlife Ecology, Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Obihiro 080-8555, Japan

*E-mail: pteromys@mail.goo.ne.jp

There is concern about population decline and local population extinction of the Siberian flying squirrel *Pteromys volans* because of forest fragmentation in Finland, Estonia, and South Korea. Our goal was to confirm a simple and efficient method of determining the presence of the squirrels to monitor the effects of forest fragmentation. We searched for their feces in 11 fragmented forests. We set 12 transects, each 10 m long and 4 m wide, randomly in each forest and searched for feces within each transect. First, to characterize the places where feces were found, we measured the distance between the fecal sample and the closest tree, along with the diameter at breast height (DBH) of that tree. All fecal samples that we found were close to large trees. Therefore, we found that it was efficient to search for feces mainly within 20 cm of such trees. Second, to assess the impact of forest size on search success, we evaluated the relationship between the number of transects on which we found feces and forest size. The number was unrelated to forest size. Therefore, we did not need to change our effort according to forest size. Furthermore, we found that five transects per forest gave valid results for squirrel presence.

Key words: feces, forest fragmentation, *Pteromys volans*, Siberian flying squirrel

受付日：2014年1月20日，受理日：2014年4月9日

著者：嶋本 樹・鈴木 圭・柳川 久，〒020-8550 岩手県盛岡市上田三丁目18-8 岩手大学大学院連合農学研究科

*✉ pteromys@mail.goo.ne.jp

嶋本 樹・古川竜司・鈴木 圭・柳川 久，〒080-8555 北海道帯広市稲田町西2線11番地 帯広畜産大学野生動物管理学研究室