

# DNA メタバーコーディングによる小型齧歯類の食性解析 —エゾモモンガの採食資源とその季節変化

村上 堇・菊池 隼人・押田 龍夫<sup>1</sup>

(受付 : 2021 年 4 月 30 日, 受理 : 2021 年 7 月 23 日)

Analysis of feeding habit of small rodent by DNA metabarcoding:

Seasonal change of feeding habit of *Pteromys volans orii*

Sumire Murakami, Hayato KIKUCHI, Tatsuo OSHIDA<sup>1</sup>

## 摘 要

季節変化が明瞭な温帯域, 亜寒帯域に生息する多くの植食性哺乳類において、食性の季節変化が確認されている。タイリクモモンガ *Pteromys volans* の亜種であるエゾモモンガ *P. volans orii* は、北海道の森林に生息する植食性のリス科齧歯類である。本亜種の食性については、野外における直接観察、痕跡の確認、飼育下における給餌実験等に基づいた報告があるが、これらの方法では、本亜種が野外で採食する全ての資源を把握することは困難である。そこで本研究では、帯広市内の河畔林において採集された本亜種の糞サンプルを用いて、DNA メタバーコーディング法により、食性の季節変化を包括的に推定することを試みた。さらに、これまでに帯広市内において直接観察によって報告されている本亜種の食性データとの比較を行い、DNA メタバーコーディング法の有用性を検討した。糞中に含まれる植物種を解析した結果、推定された植物は季節間で有意に異なり、本亜種の採食パターンの季節変化が示された。また、ニレ科とシラカンバについては、季節を問わず利用されており、主要な採食資源であることが明らかになった。加えて、各季節で草本植物が検出され、樹上性である本亜種が地上で採食をする可能性が示唆された。直接観察法のデータと比較した結果、DNA メタバーコーディング法ではより広範囲の採食資源を推定できることが明らかになった。しかしながら、採食された植物種の特定が難しい場合があるという欠点も示された。DNA メタバーコーディング法によって包括的に食性を推定し、直接観察によってこれを裏付けるといった調査方法を確立することによって、本亜種に限らず、今後の野生動物の食性研究の効率化に繋がるであろう。

---

<sup>1</sup> 帯広畜産大学野生動物学研究室

<sup>1</sup> Laboratory of Wildlife Biology, Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine

## 緒 論

季節変化が明瞭な温帯域や亜寒帯域に生息する多くの植食性の哺乳類では、食性の季節変化が見られる。例えば、ホオジロムササビ *Petaurista leucogenys* は、季節毎に異なる樹種、そして葉、種子、冬芽などの異なる部位を採食することが報告されている（安藤ら 1982；Kawamich 1997）。また、クリハラリス *Callosciurus erythraeus* は開花や結実等の樹木の季節変化に応じて、果実、毬果、樹皮、花、芽などを選択的に採食することが知られている（尾崎 1986；Chao et al. 1993）。

タイリクモモンガ *Pteromys volans* は、季節によって採食資源を変化させることが知られている植食性のリス科齧歯類である（柳川 1999）。フィンランドからシベリア、ロシア沿海地方、中国北部、朝鮮半島等のユーラシア大陸の北部、サハリン、北海道等に分布し、その分布域は、樹上性のリス類の中でキタリス *Sciurus vulgaris* と並んで最も広範囲である（Thorinton et al. 2012；Koprowski et al. 2016）。本種の食性には、地域の植生に応じた違いが認められ、例えばロシア東部においてはハバロフスク地方のシホテ・アリニ山脈と、ザバイカリエ地方のバイカルに生息する個体群の間で異なる採食資源の利用が確認されている（Airaortyants et al. 2003）。このように、広域分布種の場合、異なる地域に生息する個体群間で食性が異なる例があることから、その種の生態を明らかにするためには、複数の地域に生息する個体群に焦点を当てた調査研究を実施し、これらを包括的に評価する必要がある。

タイリクモモンガの亜種であるエゾモモンガ *P. volans orii* は、北海道に分布しており、主に針広混交林に生息する（柳川 1994）。本亜種の食性は、これまでに野外における直接観察、痕跡の観察、さらに、飼育下における観察に基づいて報告されている（藤巻 1963；門崎 2001；浅利ら 2008）。しかしながら、これらの方法では、‘ヒトの観察時’という限られた範囲でしか食性を把握することが出来ず、本亜種の食性の全貌を明らかにすることは困難である。特に、食性の季節変化を的確に捉え

るためには、個体の嗜好性なども加味して特定個体の採食資源利用性を長期間（異なる季節を通して）追跡しなければならないが、野生の小型齧歯類でこのような調査を行うことは難しい。

観察が困難な小型哺乳類の食性を解析する方法として、近年糞を材料とした DNA バーコーディング法が確立された（畠ら 2017；Sato et al. 2018）。本方法により糞中に含まれる採食資源の DNA を網羅的に分析することで、当該動物の食性を属や種などの下位分類群レベルまで非侵襲的に推定することが可能である（安藤ら 2020）。山口ら（2020）は、本方法を用いて天然生広葉樹林に生息するエゾモモンガの採食資源に関する知見を報告し、コケ植物や大陸個体群では利用されない樹種が採食資源として利用されている可能性を示唆した。しかしながら、この先行研究で解析されたサンプル数は少なく、本亜種の食性を包括的に評価するには至らなかった。

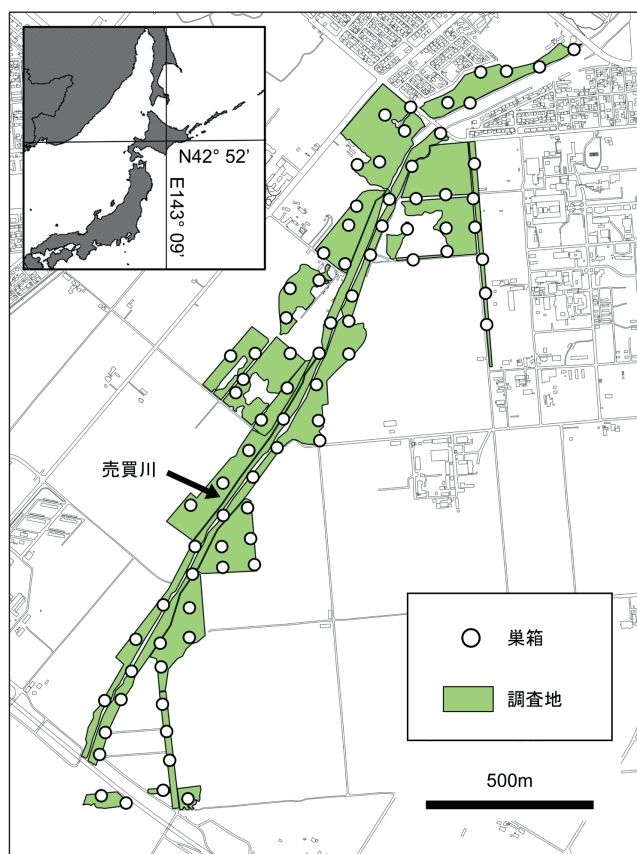
そこで本研究では、DNA メタバーコーディング法を用いて、帯広市内の河畔林に生息するエゾモモンガの食性変化を一定期間にわたり（非積雪期である春期～秋期）個体群レベルおよび個体レベルで明らかにすることを試みた。加えて、これまでに帯広市内において直接観察によって報告されている食性データ（浅利ら 2008）とこれらのデータを比較し、DNA メタバーコーディング法の有用性について検討を行った。

## 方 法

### 調査地および調査期間

Fukuya (2018) に従って、北海道帯広市のシラカンバ *Betula platyphylla*、ハルニレ *Ulmus davidiana* 等が優占する売買川の河畔林（北緯 42° 52' 11.3"、東経 143° 09' 49.7"）を調査地とした（図 1）。調査期間は、2020 年 5 月から 10 月の非積雪期であった。

図1. 調査地（北海道帯広市の売買川の河畔林）.



## 調査方法

### 巣箱の設置および観察

Suzuki et al. (2011) に従い、エゾモモンガ個体を捕獲するため木製の巣箱を利用した。今回の調査では、Fukuya(2018) により 2016 年に設置された巣箱を継続して使用した (Fukuya(2018) は、100 m × 100 m の格子状に調査地を区切ることで出来たメッシュの中から、森林の占める割合が 10% 以上であるものを調査区と定め、その中央付近に位置する木に 1 個ずつ、地上約 2 m の高さで樹種や方向を定めずに計 82 個の識別記号を付けた巣箱を設置した)。但し、調査期間中に老朽化等によって巣箱設置木が倒れた場合、最も近い場所に位置する木へ巣箱の再設置を行った。調査に用いた巣箱の大きさは幅 15 cm、高さ 24 cm、奥行き 20 cm とし、入り口は 4 cm × 4 cm である (Suzuki et al. 2011; Fukuya 2018)。巣箱は天板の開閉が可能であり、内部が観察できるような構造になっている。

巣箱内部の観察は、調査期間中週に 2 ～ 3 回の頻度で、

本亜種が休息している昼間に実施した。

### 個体の捕獲・標識、およびサンプルの採取

巣箱内にエゾモモンガ個体を発見した場合は巣箱の入り口を塞いで研究室に持ち帰った。個体を識別するために、捕獲個体には、Suzuki et al. (2011) に従い、通し番号（これを個体番号とした）が付いた耳標（小動物用耳標 KN-295、株式会社夏目製作所）を装着した。また、背部皮下に実験動物用の小型マイクロチップ [ドローバン ISO 型ミニ (1.4)、サージミヤワキ株式会社] を埋設した。既に標識済の個体が捕獲された場合は、耳標番号およびマイクロチップ識別番号を記録した。さらに、個体の基礎情報として、体重および性別を記録した。ここで、柳川 (2009) を参考に、体重 80 g 以上の個体を成獣、体重 80 g 未満の母親から独立した個体を亜成獣、母親の哺育下にある個体を幼獣とした。幼獣については、耳標およびマイクロチップは装着せず、体重および性別を記録した。

糞の排泄が確認された場合、ピンセットを用いてこれを採集した。排泄後の糞には、自然環境中に存在する本亜種の食性とは関係ない生物由来の細胞等が物理的に付着している可能性が高いため、本研究で採集するサンプルは、捕獲個体から排泄が確認され、肛門またはその周辺の毛、作業台の上から直ちに採集された糞に限定した。採集した糞(以下、サンプル)は、個体ごとに分けてチャック付きポリ袋に入れ、 $-30^{\circ}\text{C}$ で保管した。5~6月、7~8月、9~10月を各々春期、夏期、秋期として、それぞれの期間に採集されたサンプルから、各8サンプルずつ、合計24サンプルを分析に用いた。なお、食性の季節変化(経時的変化)を明らかにするため、サンプルの選択にあたって以下の三点に留意した。

- 1) 同一の個体から季節ごとに採取されたサンプルを最優先に選択した。
- 2) 同一の個体から季節内にサンプルが採取された場合、その採取日が10日以上異なる場合は、経時的変化の指標となるものと判断し、優先的に選択した。
- 3) 同一の個体でなくても、個体が捕獲された局所環境の影響を低減させるため、同一の巣箱で捕獲された他個体、或いは近くの巣箱で捕獲された他個体からの糞を優先的に選択した。

個体識別作業とサンプルの採集を終えた個体は巣箱に戻し、その巣箱は各調査区の元の位置に再設置した。なお、動物個体の取り扱いに際しては、帯広畜産大学で規定されているガイドラインに従い、動物の苦痛を十分低減するように配慮した。

#### DNA メタバーコーディングおよび統計解析

DNA メタバーコーディングについては株式会社生物技研に解析を委託した。サンプルからDNAを抽出し、葉緑体DNAの*rbcL* (ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase) 遺伝子の部分領域をPCRによって増幅した後、次世代シーケンサー (MiSeq, イルミナ株式会社) で塩基配列の解読を行った。検出されたDNA塩基配列はOTU (Operational Taxonomic Unit) として扱い、解析ごとに便宜上の通し番号を付けた。得られた塩基配列につ

いては、国際塩基配列データベースと照合 (BLAST 検索) し、配列の相同性が高い植物種 (または属・科等の分類群) を上位10位まで抽出した。なお、BLAST 検索の結果には、本亜種が偶然摂取した可能性のある植物種のDNAも含まれるため、データの信頼度を考慮して、リード数が100以上のOTU配列を選出した。BLAST 検索の結果には多くの近縁種が含まれるが、塩基配列の相同性が高く、かつ北海道の在来種或いは属が検出された場合は、その学名或いは属名を記録した。また、種名や属名が断定できないと判断した場合は、その高次分類群である科名を記録した。なお、調査地が位置する道東・帯広市の在来植物種のデータとして、伊東 (2007) の報告を参考にした。また、十勝地方の在来植物種のデータとして、丹羽ら (2003) の報告を併せて参考にした。

得られたデータを用いて、季節間における食性の相異の有無を調べるため、カイ二乗検定を行った (有意水準5%)。

## 結 果

春期 (5月~6月) はのべ17個体、夏期 (7~8月) はのべ10個体、秋期 (9~10月) はのべ31個体のエゾモモンガからサンプルを採集することができた。ここから、同じ巣箱で捕獲された個体、近くの巣箱で捕獲された個体の糞を季節ごとに8サンプルずつ選出し、24サンプルを解析に用いた。また、7個体については、反復してサンプルを採集することができたため、優先的に分析を行った。最終的に解析に用いた個体は計13個体 (個体番号823、841、855、861、874、901、904、906、918、923、924、931、936) となった (表1)。

解析データを整理した結果、ある種が検出されたものの、これとは異なる同属のOTUが検出され、かつその種名が判別できない場合があり、これらについては、‘当該属のいずれかの別種’として扱った (表2: \*を参照)。また、科のレベルでしか推定出来ないOTUも確認された (表2: \*\*を参照)。従って、データを包括的に説明する際には、種や属といった分類学上の単位を使

エゾモモンガの食性解析

用せず、‘項目’と表記することとした。今回の調査で推定された植物は春期サンプルで24項目、夏期サンプルで22項目、秋期サンプルで21項目、全体では合計42項目であり(表2)、季節間で有意に異なっていた( $P < 0.01$ )。このうち、ニレ属 *Ulmus*、ハンノキ属 *Alnus*、シラカンバ、カエデ属 *Acer*、カラマツ *Larix kaempferi*、スモモ属 *Prunus* は各季節で1回以上検出された。この他、トドマツ *Abies sachalinensis* は春期・夏期のみ、コナラ

*Quercus serrata* とヤナギ属 *Salix* は春期・秋期のみで検出された。リンゴ属 *Malus*、オオバコ *Plantago asiatica*、タチヒダゴケ科 Orthotrichaceae は春期のみ、ツルウメモドキ *Celastrus orbiculatus*、ツツジ科 Ericaceae、緑藻類 Chlorellaceae、トウヒ属 *Picea*、クワ属 *Morus* は夏期のみ、ワラビ *Pteridium aquilinum*、オシダ *Dryopteris crassirhizoma*、トクサ属 *Equisetum*、イチョウ *Ginkgo biloba* は秋期のみで検出された(表2)。

表1. 糞サンプルを解析に用いたエゾモモンガ (*Pteromys volans orii*) 個体.Fはメス, M: はオスを表す.

Identity number	Sex	Collecting date	Weight (g)	Nest box number	Defined season
823	F	May 14	130.6	Q4	spring
		July 9	129.3	R4	summer
841	F	June 24	135.3	X3	spring
		Oct. 6	148.1	W3	autumn
855	F	May 11	128.3	E10	spring
861	F	Jun. 24	152.5	Y1	spring
		Sept. 15	134.6	Y1-i	autumn
874	F	Oct. 12	125.0	Y1	autumn
		May 21	142.9	V2	spring
901	M	Sept. 15	135.0	W1	autumn
		Oct. 21	140.0	V2	autumn
904	M	Jun. 1	94.5	E10	spring
906	M	Jun. 10	106.6	X3	spring
906	F	May 28	142.8	X3	spring
		Jul. 1	67.1	B14	summer
918	F	Aug. 3	103.4	B15	summer
		Jul. 13	69.4	E11	summer
923	M	Aug. 11	83.8	E13	summer
		Jul. 14	127.2	S3	summer
924	F	Aug. 14	76.6	Y2	summer
		Aug. 24	86.7	Y1	summer
931	F	Sept. 15	103.0	Y1-ni	autumn
		Oct. 12	113.2	Y1-ha	autumn
936	M	Oct. 10	100.7	W1	autumn

表2. エゾモモンガ (*Pteromys volans orii*) が利用した採食資源. +は糞サンプルから検出されたことを示す.

Category	Species	Spring		Summer		Autumn	
		May	Jun	Jul	Aug	Sept	Oct
Broad-leaved tree	<i>Ulmus davidiana</i>	+	+	+	+	+	+
	<i>Ulmus pumila</i>	+		+	+	+	+
	<i>Ulmus laciniata</i>	+			+		+
	<i>Ulmus parvifolia</i>						+
	<i>Zelkova serrata</i>	+					
	<i>Betula platyphylla</i>	+	+	+	+	+	+
	<i>Alnus viridis</i>	+	+	+	+		+
	<i>Alnus serrulatoidea</i>	+	+	+	+		+
	<i>Acer ukurunduense</i>			+	+	+	+
	<i>Acer sp.*</i>		+		+	+	+
	<i>Prunus yedoensis</i>			+			
	<i>Prunus ssiroi</i>			+			
	<i>Prunus sp.*</i>		+	+			+
	<i>Malus tschonoskii</i>	+					
	<i>Malus sieboldii</i>	+					
	<i>Malus sp.*</i>	+					
	<i>Quercus serrata</i>						+
	<i>Salix viminalis</i>	+					+
	<i>Salix triandra</i>	+					+
	<i>Salix sp.*</i>	+	+				+
	<i>Morus australis (bombycis)</i>			+	+		
	<i>Morus sp.*</i>			+	+		
	<i>Celastrus orbiculatus</i>			+			
<i>Ginkgo biloba</i>						+	
Coniferous tree	<i>Larix kaempferi</i>	+	+		+	+	+
	<i>Abies sachalinensis</i>	+		+			
	<i>Picea jezoensis</i>				+		
	<i>Picea sp.*</i>				+		
Herb	<i>Plantago asiatica</i>	+					
	<i>Plantago sp.*</i>	+					
	<i>Pyrola asarifolia</i>			+			
	<i>Pyrola minor</i>			+			
	<i>Chimaphila sp.</i>			+			
	<i>Pteridium aquilinum</i>						+
	<i>Dryopteris crassirhizoma</i>						+
	<i>Equisetum arvense</i>						+
	<i>Equisetum pratense</i>						+
	<i>Equisetum fluviatile</i>						+
Moss	<i>Ulota crispa</i>		+				
	<i>Zigodon sp.</i>		+				
	<i>Orthotrichum sp.</i>		+				
Green algae	<i>Chlorellaceae**</i>				+		

\*同属の種が検出されているが、これとは別に不明種が検出された場合、sp.として表記した。  
\*\*属名の同定ができなかったものについては科名を記した。

表3. 複数回糞サンプルが得られたエゾモモンガ (*Pteromys volans orii*) 個体から検出された採食資源 (+は検出されたことを示す).

Identity number	Collecting date	<i>Betula platyphylla</i>	Ulmaceae	<i>Alnus</i>	<i>Acer</i>	<i>Larix kaempferi</i>	<i>Morus</i>	<i>Prunus</i>	<i>Quercus serrata</i>	<i>Abies sachalinensis</i>	<i>Salix</i>	<i>Malus</i>	<i>Picea</i>	<i>Celastrus orbiculatus</i>	<i>Ginkgo biloba</i>	<i>Equisetum</i>	<i>Pteridium aquilinum</i>	<i>Dryopteris crassirhizoma</i>	Chlorellaceae
823	May 14	+	+							+									
	Jul 9	+	+				+			+									
841	Jun 24	+	+	+															
	Oct 6	+	+		+														
861	Jun 24	+	+																
	Sept 15	+	+		+					+									
	Oct 12	+	+	+				+											
874	May 21	+	+	+						+	+	+							
	Sept 15	+	+		+	+				+	+								
	Oct 21	+	+		+										+	+	+	+	
918	Jul 1	+	+	+				+						+					
	Aug 3	+	+		+		+												+
923	Jul 13	+	+	+				+											
	Aug 11	+	+	+	+														
931	Aug 14	+	+	+				+											
	Aug 24	+	+		+	+													
	Sept 15	+	+		+														
	Oct 12	+	+	+			+												

異なる季節でサンプルを得られた7個体内、5個体(個体番号861、874、918、923、931)では、同じ季節内で2回サンプルを採取することができた(表3)。春期・夏期・秋期を通してサンプルを得ることができた個体はいなかった。サンプル数が少なく統計的な解析はできなかったが、個体ごとに、異なる季節で推定された採食資源を比較した結果、全ての個体において、両季節で検出された植物と、特定の季節でのみ検出された植物が存在した。また、季節内における異なる時期に採集されたサンプルを個体ごとに比較した結果、全ての個体において、両時期で検出された植物と、特定の時期でのみ検出された植物が存在した。

## 考 察

今回の研究において、エゾモモンガの食性は季節間で有意に異なることが明らかになり、浅利ら(2008)によって述べられたように、帯広市内に生息する本亜種個体群が季節によって利用する採食資源を変化させることが示唆された。しかしながら、ニレ科 Ulmaceae とシラカンバについては、全ての季節で半数以上のサンプルから検出されており、本亜種にとって季節を問わず利用される主要な採食資源であることが明らかになった。このうちシラカンバでは、春期には半数のサンプルから検出されただけであったが、夏期・秋期には全てのサンプルから検出され、明瞭な季節性が見られた。シラカンバの採食については、5月に雄花序、6月から10月にかけて果穂、1月と9月に芽の採食が確認されており(浅利ら2008)、夏期・秋期には果穂を採食部位として積極的に利用していたのかもしれない。加えて、カエデ属・カラマツにおいても季節により検出されたサンプル数に明瞭な変化が見られた。本亜種では、花序、葉、芽など、季節によって利用可能な木本植物の異なる部位を採食することが報告されており(浅利ら2008; 柳川1999)、本研究で見られた季節性はこのような採食部位の変化によるものであると考えられる。同一個体の季節間および季節内における食性の比較においても違いが認められたが、これも

同様の理由によるものであると考えられるであろう。

特定の季節でのみ検出された植物の多くが1個のサンプルのみから得られたものであった。この理由については不明であるが、エゾモモンガは個体ごとに一定の行動圏を有しており(柳川1999)、その行動圏内に存在する採食資源の違いが反映された結果であるかもしれない。一方、唯一クワ属は夏期にのみ複数のサンプルから検出され、季節特有でありながら選好性の高い採食資源である可能性が示唆された。

また、春期に検出されたタチヒダゴケ科は、その多くの種が樹幹に着生する(田中ら2014)ため、樹上性であるエゾモモンガにとって利用可能な資源であると考えられ、山口(2020)においても、コケ植物が本亜種の採食資源である可能性が示唆されている。しかしながら、本研究においてタチヒダゴケ科のコケ植物が検出された個体は1個体(個体番号901)のみであり、個体群レベルでの一般的な利用は確認できなかった。山口(2020)によって、天然生広葉樹林に生息する本亜種がコケ植物を巣材として多く利用する傾向があることが報告されており、本研究においても巣材にコケ植物が含まれていることが目視で確認されたことから、巣材としてのコケ植物が偶然摂取された可能性も考えられる。本亜種によるコケ類の採食については今後の検討課題であろう。

本研究の結果から、緑藻類、およびオオバコ・ワラビ・オシダ等の草本植物が検出されたが、これらは樹上生活では得ることが困難な採食資源である。これらの利用について説明することは難しいが、エゾモモンガの地上における採食については、落下したミズナラ *Quercus crispula* 堅果の採食行動が岩間・名嘉真(2012)によって確認されており、地上において草本植物を利用する可能性は否定できない。岩間ら(2012)はリスクを伴う地上採食を選択する要因として、冬期の餌資源の不足を挙げているが、今回春から秋にかけて地上にある草本植物が検出されたことから、本亜種は季節を通じて地上の採食資源を利用している可能性がある。しかしながら、草本類が検出されたサンプルは3個体(個体番号855、874、924)のみであったことから、本亜種が地上での採

食を慣習的に行っていると断定することはできない。本亜種の地上採食については今後の興味深い研究課題であると考えられる。

緑藻については淡水性のクロレラ科が多く推定されており、調査地の周辺を流れる売買川の増水時に樹幹や草本等に物理的に付着したものが関係しているかもしれない。また、緑藻は地衣類の共生藻として知られており

(柏谷 1998 ; 竹下 2001)、ロシアのタイリクモモンガ個体群や、北米に生息する滑空性のオオアメリカモモンガ *Glaucomys sabrinus fuscus* において地衣類の採食が報告されている (Airaortyants et al. 2003 ; Mitchell 2001) ことから、本亜種が地衣類を採食資源として利用し、その共生藻の DNA が検出された可能性も考えられる。本亜種の地衣類利用についても今後の検討課題であろう。

表 4. 直接観察 (浅利ほか 2008) および本研究における DNA メタバーコーディング法によって確認されたエゾモモンガ (*Pteromys volans orii*) の採食資源の比較

Category	Specie	Direct observation	DNA barcoding
Broad-leaved tree	<i>Ulmus davidiana</i>	+	+
	<i>Ulmus pumila</i>		+
	<i>Ulmus laciniata</i>		+
	<i>Ulmus parvifolia</i>		+
	<i>Zelkova serrata</i>		+
	<i>Betula platyphylla</i>	+	+
	<i>Alunus japonica</i>	+	
	<i>Alnus viridis</i>		+
	<i>Alnus serrulatooides</i>		+
	<i>Acer mono</i> var. <i>glabrum</i>	+	
	<i>Acer ginnala</i> var. <i>aidzuense</i>	+	
	<i>Acer ukurunduense</i>		+
	<i>Acer</i> sp.*		+
	<i>Prunus yedoensis</i>		+
	<i>Prunus ssiori</i>		+
	<i>Prunus</i> sp.*		+
	<i>Malus tschonoskii</i>		+
	<i>Malus sieboldii</i>		+
	<i>Malus</i> sp.*		+
	<i>Quercus dentata</i>	+	
	<i>Quercus serrata</i>		+
	<i>Salix viminalis</i>		+
	<i>Salix triandra</i>		+
	<i>Salix</i> sp.*	+	+
	<i>Morus australis</i> ( <i>bombycis</i> )	+	+
	<i>Morus</i> sp.*		+
<i>Celastrus orbiculatus</i>		+	
<i>Ginkgo biloba</i>		+	
<i>Populus nigra</i> var. <i>italica</i>	+		
<i>Populus maximowiczii</i>	+		
Coniferous tree	<i>Larix kaempferi</i>	+	+
	<i>Abies sachalinensis</i>		+
	<i>Picea glehnii</i>	+	
	<i>Picea jezoensis</i>		+
	<i>Picea</i> sp.*		+
<i>Pinus koraiensis</i>	+		
Herb	<i>Plantago asiatica</i>		+
	<i>Plantago</i> sp.*		+
	<i>Pyrola asarifolia</i>		+
	<i>Pyrola minor</i>		+
	<i>Chimaphila</i> sp.*		+
	<i>Pteridium aquilinum</i>		+
	<i>Dryopteris crassirhizoma</i>		+
	<i>Equisetum arvense</i>		+
	<i>Equisetum pratense</i>		+
	<i>Equisetum fluviatile</i>		+
Moss	<i>Ulota crispa</i>		+
	<i>Zigodon</i> sp.*		+
	<i>Orthotrichum</i> sp.*		+
Green algae	Chlorellaceae**		+

\* 同属の種が検出されているが、これとは別に不明種が検出された場合、sp.として表記した。

\*\* 属名の同定ができなかったものについては科名を記した。

DNA メタバーコーディング法によって得られた結果を、直接観察を用いた浅利ら (2008) (以下、直接観察) と比較した結果を表 4 に記した。直接観察では、今回確認された採食資源の他に、広葉樹ではセイヨウハコヤナギ *Populus nigra* var. *italica*、ドロノキ *Populus maximowiczii*、ハンノキ *Alnus japonica*、カシワ *Quercus dentata*、エゾイタヤカエデ *Acer mono* var. *glabrum*、カラコギカエデ *Acer ginnala* var. *aidzuense*、針葉樹ではチョウセンゴヨウ *Pinus koraiensis*、アカエゾマツ *Picea glehnii* の採食が報告されている。本研究で得られたデータのうち、ヤナギ属、ハンノキ属、シラカンバ、コナラ、ニレ属、クワ属、カエデ属、カラマツ、トウヒ属については、同種または同属の植物の採食部位および利用された月が直接観察によって記録されており、今回の結果と併せ、ニレ属を主としたニレ科、シラカンバ、ハンノキ属、カラマツが春期から秋期にかけて継続的に利用される主要な採食資源であることが明らかになった。そして、ケヤキ *Zelkova serrata* (おそらく植栽されたもの)、トドマツ *Abies sachalinensis*、スモモ属、リンゴ属、イチョウ、オオバコ、タチヒダゴケ科、ツルウメモドキ、ツツジ科、ワラビ、オシダ、トクサ属は、直接観察では確認されておらず、DNA メタバーコーディング法を用いることによって直接観察よりも広範囲の採食資源を推定できることが明らかになった。しかしながら、DNA メタバーコーディング法では種以下の情報は特定できない場合が多かった。一方、直接観察では、検出可能な採食資源は観察時に限定されるものの、それぞれについて、正確な種名および季節ごとの採食部位まで記録することが可能である。エゾモモンガの食性を正確に把握するためには、両方法の長所を活かして、DNA メタバーコーディング法によって全体的な食性を推定し、直接観察によってこれを確認するという複合方法を用いることが肝要であろう。そして、このような調査方法の確立によって、本亜種に限らず今後の野生動物の食性研究の効率化につながるであろう。

## 謝 辞

本研究を行うにあたり、貴重な御助言を頂いた帯広畜産大学野生動物管理学研究室の柳川久教授、浅利裕伸准教授、保全生態学研究室の赤坂卓美助教に心から感謝致します。また、帯広畜産大学野生動物学系の学生の皆様方に深く感謝申し上げます。

## 引用文献

- Airapetyants AE, Fokin IM. 2003. Biology of European flying squirrel *Pteromys volans* L. (Rodentia: Pteromyidae) in the North-West of Russia. *Russian Journal of Theriology*: 2(2): 105-113.
- 安藤温子, 安藤正規, 井鷲裕司. 2020. 植物食性動物を対象とした食性解析手法. *日本生態学会誌* 70: 77-89.
- 安藤元一, 今泉吉晴. 1982. 狭小生息地におけるムササビの環境利用. *哺乳動物学雑誌* 9: 70-81.
- 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.
- Chao J-T, Fang K-Y, Koh C-N, Chen Y-M, Yeh W-C. 1993. Feeding on plants by the red-bellied tree squirrel *Callosciurus erythraeus* in Taipei Botanical Garden. *Bulletin of Taiwan Forestry Research Institute, New Series* 8: 39-50 (in Chinese with English Abstract).
- 藤巻祐蔵. 1963. エゾモモンガの飼育観察. *哺乳動物学雑誌* 2(2): 42-45.
- Fukuya, M. 2018. Influence of sexual dimorphism on inter-nest distance of Siberian flying squirrel. *Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine*. 30 pp. 帯広畜産大学修士論文, 帯広.
- 島佐代子, 高倉耕一. 2017. 滋賀県彦根市の水田地帯



- に生息するカヤネズミの食性分析—糞DNA分析からの推定. 日本環境動物昆虫学会学術雑誌 28(3): 121-131.
- 伊東捷夫. 2007. 帯広市稲田地区の自生または植栽された植物と雑草に関する研究. 26 pp. 帯広畜産大学修士論文, 帯広.
  - 岩間 康, 名嘉真咲菜. 2012. エゾモモンガ *Pteromys volans orii* の地上採食. リスとムササビ 28: 16-17.
  - 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: 27-33.
  - 柏谷博之. 1998. 地衣類—菌と藻の共生体. 化学と生物 36(9): 597-602.
  - Kawamichi T. 1990. Seasonal changes in the diet of Japanese giant flying squirrels in relation to reproduction. Journal of Mammalogy 78: 204-212.
  - Koprowski JL, Goldstein EA, Bennett KR, Pereira Mendes C. 2016. Family Sciuridae. Wilson DE, Lacher Jr TE, Mittermeier RA (eds). Handbook of the Mammals of the World. vol. 6. Lagomorphs and Rodents I, pp. 684-837, Lynx Editions, Barcelona.
  - Mitchell D. 2001. Spring and fall diet of the endangered west northern flying squirrel (*Glaucomys sabrinus fuscus*). The American Midland Naturalist 146(2): 439-443.
  - 丹羽真一, 川辺百樹, 松田まゆみ, 佐藤謙. 2003. 十勝地方南部・豊頃丘陵の維管束植物相(予報). 帯広百年記念館紀要 21: 1-18.
  - 尾崎研一. 1986. タイワンリスの食物と採食行動. 哺乳動物学雑誌 11(3,4): 165-172.
  - Sato JJ, Shimada T, Kyogoku D, Komura T, Uemura S, Saitoh T, Isagi Y. 2018. Dietary niche partitioning between sympatric wood mouse species (Muridae: *Apodemus*) revealed by DNA meta-barcoding analysis. Journal of Mammalogy 99: 952-964.
  - Suzuki M, Kato A, Matsui M, Okahira T, Iguchi K, Hayashi Y, Oshida T. 2011. Preliminary estimation of population density of the Siberian flying squirrel *Pteromys volans orii* in natural forest of Hokkaido, Japan. Mammal Study 36: 155-158.
  - 竹下俊治. 2001. 地位共生藻の多様性とその共生関係に関する研究. 広島大学総合科学部紀要 IV 理系編 27: 157-160.
  - 田中美穂, 伊沢正名. 2014. ときめくコケ図鑑, 128 pp. 株式会社 山と溪谷社, 東京.
  - Thorington RW, Koprowski JL, Steele MA, Whatton JF. 2012. Squirrels of the World, 472 pp. The Johns Hopkins University Press, Baltimore.
  - 山口 翠, 鈴木野々花, 高瀬かえで, 地引佳江, 菊池隼人, 内海泰弘, 山内康平, 押田龍夫. 2020. 北海道の天然生広葉樹林に生息するタイリクモモンガ *Pteromys volans* の資源利用性. 帯広畜産大学学術研究報告 41: 40-53.
  - 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(1): 181-183.
  - 柳川 久. 1994. 小鳥用巣箱を用いたエゾモモンガの野外研究. 森林保護 241: 20-22.
  - 柳川 久. 2009. 防風林に生息するエゾモモンガの行動圏と移動. 帯広畜産大学後援会報告. 37: 15-17.
- Analysis of feeding habits of a small-seized rodent by DNA metabarcoding: Seasonal change in feeding habits of *Pteromys volans orii***
- In the temperate and subarctic zones, herbivorous mammals change their feeding habits seasonally. *Pteromys volans orii*, a Siberian flying squirrel subspecies endemic to Hokkaido, Japan, also uses food resources seasonally. To date, the feeding habits of *P. volans orii* has been examined by direct observations, analysis of feeding remains, and

feeding experiments in captivity. However, it is difficult to understand its complete feeding habit based on these methods. Therefore, we examined its feces using the DNA meta-barcoding technique. In 2020, we conducted the study in a riparian forest in Obihiro during periods of no snow (in spring, summer, and autumn). In addition, to evaluate the DNA meta-barcoding technique, we compared our results with those reported previously by direct observations. We found that the feeding habits of this subspecies were significantly different between seasons. The family Ulmaceae and *Betula platyphylla* were usually detected in the feces, suggesting that these could be the main food resources for *P. volans orii*. The number of species and genera detected by DNA meta-barcoding was much higher than that reported previously by direct observations; however, it was sometimes difficult to precisely identify the species or genus, because of a limited DNA database. Therefore, to understand the precise feeding habits of *P. volans orii*, it is essential to first obtain its outline by DNA meta-barcoding, and based on this information, the exact food items can be ascertained by direct observation. The combination of both methods could aid successful investigation of the feeding habits of other mammalian species.