

原著論文

小型齧歯類 6 種の被毛の走査型電子顕微鏡による観察

徳山敦久¹・目加田和之¹・福田勝洋¹

Scanning electron microscopic observation of hairs in six species of small rodents

Nobuhisa TOKUYAMA¹, Kazuyuki MEKADA¹, and Katsuhiko FUKUTA¹

Abstract: The fine structure of guard hair was examined using scanning electron microscopy (SEM) in six species of small rodents: the Mongolian gerbil (*Meriones unguiculatus*), Russian vole (*Microtus levis*), Triton hamster (*Tscherskia triton*), Arabian spiny mouse (*Acomys dimidiatus*), laboratory mouse (*Mus musculus*) and laboratory rat (*Rattus norvegicus*). Each sampled hair shaft was divided into three parts: basal thin column, enlarged middle part, and tapering tip. The rodents had a longitudinal depression in the enlarged middle part, except for the hamster and rat. The hairs of the hamster and one-third of the hairs of rats had a thick column lacking depression in the middle part. The spiny mouse had the most characteristic hair showing the feature of a lanceolate leaf. In the SEM observation, the basal thin column of the hair shaft exhibited a clear cuticle pattern. The vole, laboratory mouse, and laboratory rat showed spiny pattern, whereas the spiny mouse, gerbil and hamster displayed wavy patterns. In cut surface of the hair medulla, air spaces were arranged in a line in the gerbil, vole, laboratory mouse, and hamster, whereas they had irregular septa in the rat and a reticular arrangement in the spiny mouse. Based on the present observation, we classified the hair of six species into four types. The results suggested a high probability of identification of rodent species by comprehensive assessment of data obtained.

I. はじめに

被毛hairは哺乳類の特徴の一つで、空気の層をつくることで体温を保持し、熱や紫外線を遮断することで生体を保護する。また背景との同化により保護色として天敵から身を守り、被毛を逆立てて威嚇したりする。口吻部の剛毛bristle, tactile hairには接触刺激を脳に伝える等、被毛は生体の存在に欠かせない様々な役割を担っている(松崎 1998)。体を覆う被毛は保護毛guard hair(または上毛over hair)と下毛under hairに分けられる。1本の被毛は皮膚表面から露出する毛幹hair shaftと皮下の毛根hair rootからなり、毛根部は被毛全長のごく一部で丸みをおびた鈍端となっている。毛幹は外層から中心へ向かって毛小皮cuticle, 毛皮質cortex, 毛髄質medullaから構成される。毛小皮は最外層に位置する扁平な鱗状細胞scaleからなり、タケノコ様に配列し、鱗状細胞の境界が毛小皮パターンとして顕微鏡下で観察される。毛皮質は毛小皮の内側を占める毛幹の主体をなす部分であり、メラニンに富む細胞からできている(伊藤 2005)。毛髄質は毛幹の芯部にあり、被毛が角化すると空洞化して気室air spaceになる。

被毛は動物種により太さや毛色が異なり、毛小皮の細胞配列パターンにより動物種の同定に利用され

る(Hausman 1920, Teerink 1991)。被毛は肉食動物の餌食となった場合、消化されずに糞便中に出るため、捕食動物の食性調査や毛皮の同定に用いることが可能である。こうしたことから、被毛による動物種の同定に関して多数の報告があるが、走査型電子顕微鏡SEM, scanning electron microscopeの利用により表面構造としてあらわれる毛小皮パターンがさらに詳しく観察されるようになった(Debelica and Thies 2009, 近藤 2013, Lee et al. 2014)。野村(1995)や近藤ら(2003)は、走査型電子顕微鏡により被毛縦断面を観察している。

齧歯類は哺乳類の中で種の数が多い(Musser and Carleton 2005), マウスやラットを代表とする多くの種が実験動物として利用されている。本研究では、実験動物として系統保存されている齧歯類のスナネズミ(Stuermer et al. 2003), ロシアハタネズミ(Widayati et al. 2003), トリトンハムスター(織田ら 1995)およびアラビアトゲマウス(持田・目加田 2017)の4種に、凡用実験動物であるマウス(ハツカネズミ)とラット(ドブネズミ)を加えた6種について被毛の毛長, 毛幅および表面構造と断面の微細構造を観察し, その構造や形態を種間で比較することにより, 被毛による種の同定・判別の可能性を確

1. 〒700-0005 岡山県岡山市北区理大町1-1 岡山理科大学理学部動物学科 Department of Zoology, Faculty of Science, Okayama University of Science, 1-1 Ridai-cho, Kita-ku, Okayama-shi, Okayama-ken 700-0005, Japan.

(連絡責任者: 目加田和之 〒700-0005 岡山県岡山市北区理大町1-1 岡山理科大学理学部動物学科 Email: mekada@zool.ous.ac.jp)

Table 1. Animals used in this study and their sample size.

Common name (Species name)	Total (female : male)
Mongolian gerbil (<i>Meriones unguiculatus</i>)	6 (4 : 2)
Russian vole (<i>Microtus levis</i>)	6 (3 : 3)
Triton hamster (<i>Tscherskia triton</i>)	6 (3 : 3)
Arabian spiny mouse (<i>Acomys dimidiatus</i>)	6 (2 : 4)
Laboratory mouse* (<i>Mus musculus</i>)	6 (3 : 3)
Laboratory rat** (<i>Rattus norvegicus</i>)	5 (1 : 4)

*ICR strain, **Wistar strain.

Table 2. Data of age, body weight, body length, tail length, and hair measurement of six rodent species used in this study.

Species	Sex	No.	Age (month)	Body length (mm)	Tail length (mm)	Body weight (g)	Hair length (mm)	Hair width	
								Middle (μm)	Basal (μm)
Gerbil	♂	4	24 - 26	135.8 ± 12.0	95.5 ± 6.3	64.2 ± 9.7	15.0 ± 1.3	74.3 ± 6.1	32.3 ± 9.6
	♀	2	6, 9	123.5 ± 8.5	93.0 ± 3.0	47.4 ± 16.4	14.1 ± 0.7	67.7 ± 10.0	23.6 ± 6.8
Vole	♂	3	12 - 24	112.0 ± 2.9	44.7 ± 1.2	21.5 ± 3.2	13.7 ± 1.3	64.7 ± 7.8	28.7 ± 7.4
	♀	3	5 - 21	105.3 ± 4.7	43.0 ± 2.2	19.1 ± 3.9	14.2 ± 1.5	58.3 ± 7.2	20.8 ± 3.9
Hamster	♂	3	21 - 24	200.7 ± 0.5	73.0 ± 4.3	179.2 ± 4.5	16.3 ± 1.7	62.4 ± 2.3	28.2 ± 4.8
	♀	3	14 - 22	214.0 ± 1.4	84.7 ± 3.7	160.9 ± 4.8	16.4 ± 1.6	61.5 ± 6.5	29.2 ± 2.4
Spiny M	♂	2	3, 5	122.0 ± 2.0	82.0	45.7 ± 4.4	12.7 ± 0.9	455.0 ± 24.5	109.2 ± 15.2
	♀	4	10 - 14	114.8 ± 13.9	85.0 ± 3.1	44.3 ± 7.4	14.1 ± 1.9	441.8 ± 56.5	96.3 ± 13.9
Mouse	♂	3	4	94.7 ± 8.3	101.0 ± 3.3	31.6 ± 2.8	8.0 ± 0.7	50.4 ± 6.2	19.1 ± 5.4
	♀	3	4	119.3 ± 16.1	99.7 ± 0.5	38.2 ± 8.6	9.0 ± 1.4	46.8 ± 9.0	21.9 ± 7.3
Rat	♂	1	7	295.0	217.0	573.7	21.4 ± 2.1	95.9 ± 21.6	39.5 ± 3.9
	♀	4	7	242.3 ± 17.6	177.0 ± 9.2	254.4 ± 27.8	18.5 ± 2.6	122.4 ± 12.9	33.7 ± 13.2

Gerbil: *Meriones unguiculatus*, Vole: *Microtus levis*, Hamster: *Tscherskia triton*, Spiny M: *Acomys dimidiatus*. Mean ± S.D.

かめることとした。

先端までの長さを測定した。

II. 材料と方法

試料

観察に用いた被毛は、岡山理科大学理学部動物学科学科で維持されてきた齧歯類のもので、死亡個体を冷凍保存したものから採取した。使用した齧歯類の種類および供試数をTable 1に示す。使用した動物は全て3ヶ月齢以上の成熟個体で、冬季(12月～4月)に死亡または安楽死処置したものである。観察には背部の保護毛のみを対象とした。

体長・尾長・体重・毛長の測定(Table 2)

躯幹が弯曲した状態の凍結保存個体であったため、体長は巻尺で吻先端から尾の付け根(肛門)まで背部に沿って測定し、肛門より尾の先端までを尾長とした。体重測定には電子天秤(PL3001-S, メトラー・トレド社)を用いた。毛長は採取した保護毛を1個体につき無作為に5本採取し、毛根から被毛の

走査型電子顕微鏡(SEM)による観察

被毛表層の観察には、1個体から4～5本の被毛を供試した。SEM観察用のアルミ製試料台(SEM試料台PM φ32x7, 日新EM社)に導電性両面テープを貼り、そこに3～5分割した被毛を貼付けた。断面の観察には、中厚紙に市販の両面テープを貼り、その上に被毛を貼付けて、実体顕微鏡(ZED, ライカマイクロシステムズ社)下で両刃カミソリを用い、できるだけ縦断面が出るように斜断した。試料台に分割した被毛断片10本を、断面が上を向く様に貼付けた。試料台の被毛はイオンスパッタリング装置(JUC-5000, 日本電子社)を用い、10mA, 4分の条件で金-パラジウムを蒸着し、SEM(JSM-6490, 日本電子社)により加速電圧15kVで二次電子像を観察した。

被毛幅の測定

走査型電子顕微鏡による二次電子画像のスケール・バーをもとに被毛の幅を測定した。1個体につき2~4本の被毛を、1本につき最大幅の部位(中間膨大部)と最小幅の部位(円筒状基部)の径を測定し、それぞれの平均値と標準偏差を求めた。

III. 結果

体表から出た毛幹は、毛根に近い円筒状の基部と、太さの増す中間膨大部(盾状部)と、細くなって終る先端部に大別された。毛根に近い部分は全ての種で円筒状であるが、中間膨大部は多くの種で扁平となり、片面に縦状に走るくぼみ(陥凹)が見られた。一方、トリトンハムスター被毛とラット被毛の一部では中間膨大部にくぼみはなく、太い円筒状を呈していた。6種それぞれの被毛の形状と毛小皮パターンについて、次いで割断面の所見を以下に記述する。

スナネズミ (*Meriones unguiculatus*)

被毛全長の毛根から1/2は円筒状をなし、毛幅は25~35 μm であった(Fig. 1 C)。1/2より先端に向かって毛幹の幅が60~70 μm と広くなり、扁平へと変化している(Fig. 1 B)。この部位での最大幅の平均値は雄で74.3 μm 、雌で67.7 μm であった。被毛全長の5/6から先端に向かって細くなり、引き伸ばされた円錐状となっていた(Fig. 1 A)。扁平部分では中央部がくぼみ(陥凹)、幅の広い部位では平均で38.9 μm の溝となっていた(Fig. 1 B)。また、毛小皮パターンの山形は、全体的に緩やかで長軸を横断する方向に比較的幅の広い毛小皮からなっていた(Fig. 1 A-C)。扁平部のくぼんだ溝の部分の毛小皮では境界の湾曲が毛根方向に向かって山なりに突出する細胞境界が見られた(Fig. 1 B)。

ロシアハタネズミ (*Microtus levis*)

ロシアハタネズミの被毛はスナネズミと同様、毛根から被毛全長の1/2までは円筒状で(Fig. 1 F)、全長の1/2から5/6まで幅の広い扁平状となり、片面で中央部にくぼみが見られた(Fig. 1 E)。扁平な部位での最大幅の平均値は雄で64.7 μm 、雌で58.3 μm であった。くぼみの幅は平均37.7 μm であった。先端の1/6は引き伸ばされた円錐形を呈していた(Fig. 1 D)。毛小皮パターンは、扁平状の中間膨大部ではスナネズミと同様に山形が緩やかで比較的横方向に広がる毛小皮からなるが(Fig. 1 E)、円筒状基部ではスナネズミのものよりも丈の高い刺々しい山形のパターンが認められた(Fig. 1 F)。また、くぼんだ部分における毛小皮の細胞境界の湾曲は先端に向かって山なりになっていた(Fig. 1 E)。

トリトンハムスター (*Tscherskia triton*)

トリトンハムスターの被毛は全長の1/2までは径が約28 μm の円筒で(Fig. 1 D)、全長の1/2から5/6までは著しく太く約60 μm の円筒状となっていた(Fig. 1 H)。先端部の残り1/6は急激に細くなり、尖った先端となっていた(Fig. 1 G)。また、トリトンハムスターでは前述の2種と異なり、中間膨大部にくぼみや溝は観察されなかった(Fig. 1 H)。毛小皮は横方向への広がり短めで、山形は緩やかであった。中間膨大部の方が円筒状基部よりも横方向に広がる毛小皮をもっていた(Fig. 1 G-I)。

アラビアトゲネズミ (*Acomys dimidiatus*)

アラビアトゲネズミは被毛全長の約1/9までの短い範囲のみ円筒形で(Fig. 2 C, D)、それより先端近くまで著しく拡張して扁平となり(Fig. 2 B)、先端で急激に細くなって終わり(Fig. 2 A)、あたかも広葉樹の葉のような全体像を呈していた。被毛は全体に太く、円筒状の基部でも幅が90 μm 以上であった(Fig. 2 C)。中間膨大部の最大幅の平均値は雄455.0 μm 、雌441.8 μm で、一方の面がくぼみ、最も広い部位では、平均286.6 μm 幅の溝となっていた(Fig. 2 B)。毛小皮は、他の動物種より中間膨大部での細胞境界が深く、細胞の厚みが観察された(Fig. 2 B)。また、毛小皮の境界では刺々しさはなく、緩やかなパターンであった(Fig. 2 B, C)。くぼんだ縦状に走る溝ではその両側と大きく異なり、長軸に対して横方向に広がる丈の低いパターンで、毛小皮が高密度に見られた。この部分の細胞境界の湾曲は毛根方向に山なりになっていた。溝の両側では、毛小皮は横方向の広がりのない山形であった。そのため溝とその両側の境は明瞭であった(Fig. 2 B)。一方、円筒状基部の毛小皮は中間膨大部に比べて細胞の厚みがなく、毛小皮パターンは横方向に広がった緩やかな山形であった。また、細胞のサイズも小さく、他の齧歯類の円筒状基部と比べてパターンが緻密であった(Fig. 2 C)。

マウス (*Mus musculus*)

マウスでは毛根から被毛全長のおおよそ1/6までは径約20 μm の細い円筒状で(Fig. 2 G)、1/6から先端に向かい毛幹の幅が徐々に大きくなり扁平状へ変化していた。扁平な中間膨大部の最大幅は、雄で平均50.4 μm 、雌で46.8 μm であった。全長の中央あたりでは完全に平らな形で、くぼみもはっきりと確認できるものとなり、全長の5/6あたりまでは扁平状が続いていた(Fig. 2 F)。くぼみの最大幅は、平均21.9 μm であった。先端部となる残りの1/6は他種と同様に再び細くなり円錐状となっていた(Fig. 2 E)。被毛の太さに比して、毛小皮の細胞は大きく、長軸

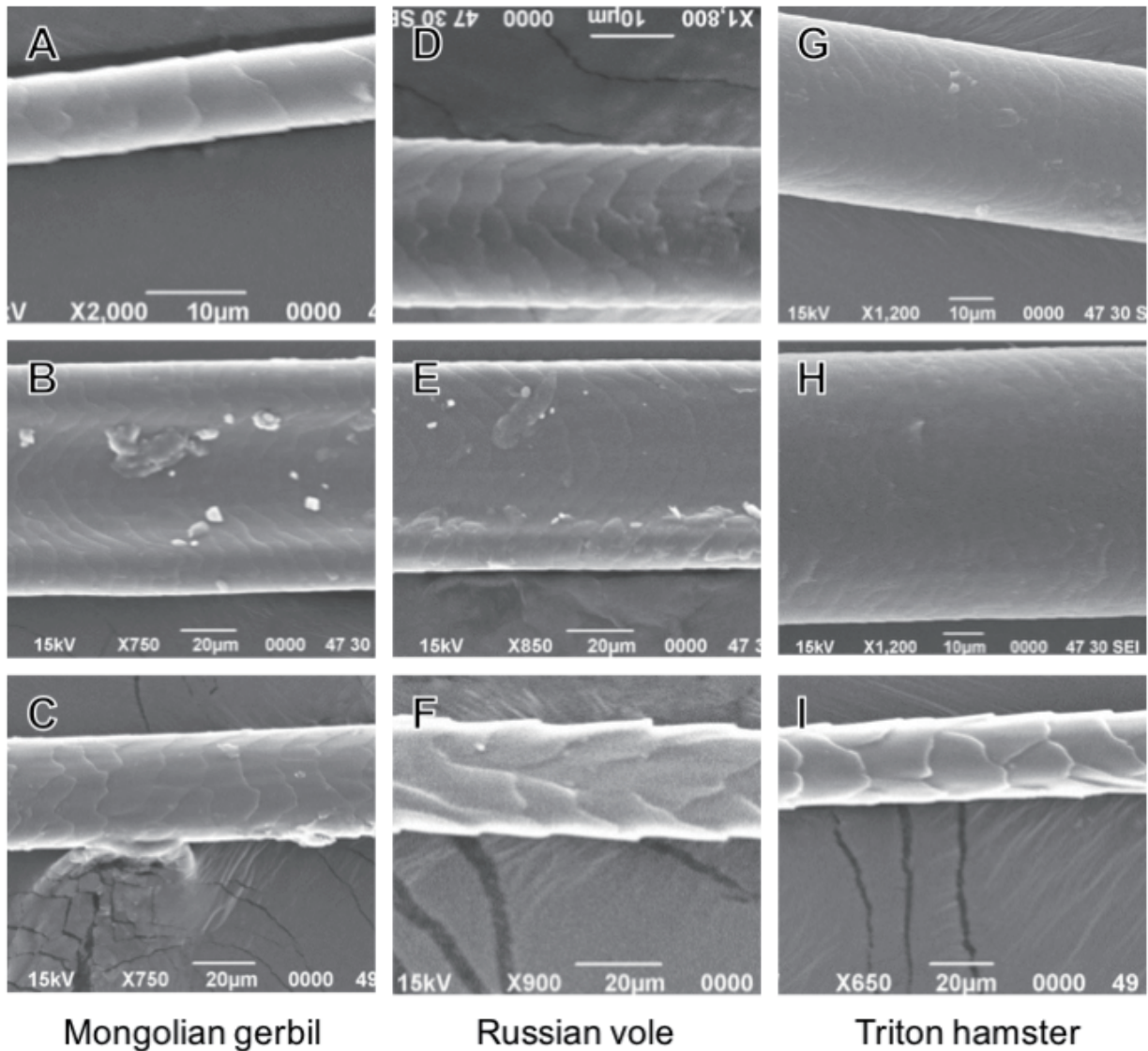


Fig. 1. Scanning electron micrographs of guard hair of Mongolian gerbil (*Meriones unguiculatus*) (A to C), Russian vole (*Microtus levis*) (D to F), and Triton hamster (*Tscherskia triton*) (G to I). A, D, G: tip; B, E, H: enlarged middle part; C, F, I: basal thin column (the right side of the image shows the tip direction). The guard hairs of these species showed thin cylindrical shapes at the part close to the hair root, thicker at the middle part, and sharp at the tip. In the guard hair of gerbil and vole, the middle part became significantly thick and flat, and a depression was observed in the center. On the other hand, in the hamster it has a cylindrical shape.

図1. スナネズミ *Meriones unguiculatus* (A~C)・ロシアハタネズミ *Microtus levis* (D~F)・トリトンハムスター *Tscherskia triton* (G~I) の被毛表面の走査型電子顕微鏡像。A, D, G: 先端部; B, E, H: 中間膨大部; C, F, I: 円筒状基部(写真の右側が先端方向)。いずれの種の被毛も、毛根から細い円筒状に伸び、中間部で著しく太くなり、鋭端となって終わる形状を示した。スナネズミとハタネズミの被毛の中間部は著しく太く、扁平で中央にくぼみのある形状をしているが、ハムスター被毛では円筒状を呈していた。

方向に長めで毛小皮パターンの山形が比較的鋭い形状をしていた。くぼみの毛小皮の細胞境界の湾曲は毛根方向に山なりであり (Fig. 2 F), 基部では中間膨大部よりも長軸方向に丈が高く、刺々しい形をしていた (Fig. 2 G)。

ラット (*Rattus norvegicus*)

ラットの被毛では2種類の形状が観察された。マウスの形状に類似して、毛根からは細い円筒で始まり (Fig. 2 J), 徐々に中央にくぼみのある扁平状の膨大部へと変化し (Fig. 2 I), 引き伸ばされた円錐状

の先端に終わるものと (Fig. 2 H), トリトンハムスターの被毛と同様に、被毛の全長にわたって円筒状で、1/2から5/6にかけて著しく太くなるが、中間膨大部にくぼみはなく (Fig. 2 K), 引き伸ばされた円錐状として先端に向かうものがあつた。2種の形状は雌雄のいずれの個体においも認められた。くぼみの有無にかかわらず両タイプの間膨大部の幅には大きな差は見られないため、それらの測定値を一括して平均値を算出した。その結果、円筒状基部では雄で平均39.5µm, 雌で平均33.7µmであり、中間膨大部の最大値の平均は雄で95.9µm, 雌で122.4µm

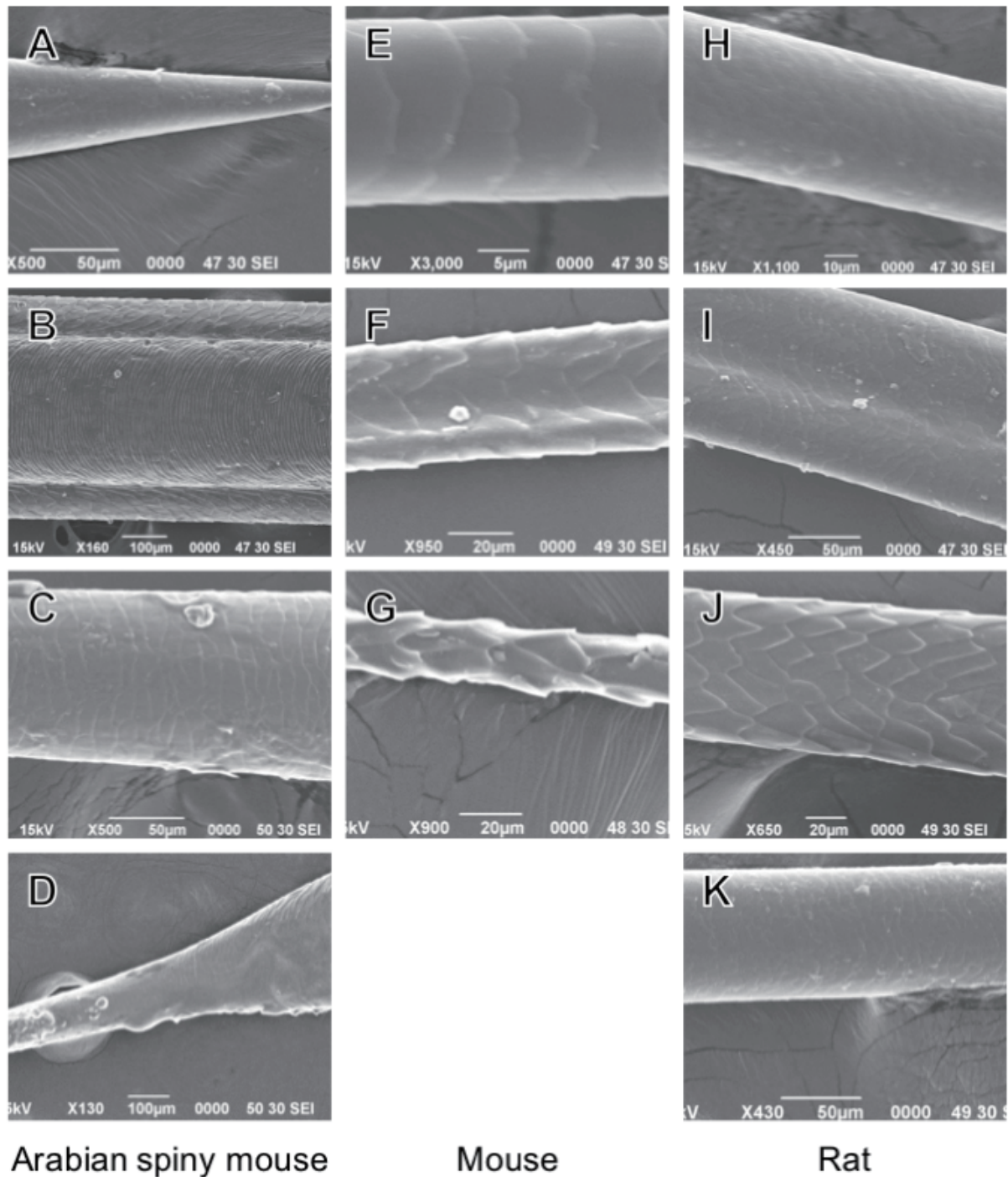


Fig. 2. Scanning electron micrographs of guard hair of the spiny mouse (*Acomys dimidiatus*) (A to D), laboratory mouse (*Mus musculus*) (E to G), and laboratory rat (*Rattus norvegicus*) (H to K). A, E, H: tip; B, F, I: enlarged middle part; C, G, J: basal thin column. D: Transition part from the thin cylindrical (basal) to flat part (middle) of the hair of spiny mice; K: Thick cylindrical part (middle) of the hair of rat (the right side of the image shows the tip direction). The guard hairs of these species showed thin cylindrical shapes at the part close to the hair root, thicker at the middle part, and sharp at the tip. In the thickened part in the middle of the guard hair of rat, there were observed two different types: one with flat shape with a depression, and the other with a cylindrical shape. In the guard hair of spiny mouse, the base of the thin cylindrical part extending from the hair root was extremely short and changed to a very large flat shape.

図2. トゲマウス *Acomys dimidiatus*(A~D)・マウス *Mus musculus*(E~G)・ラット *Rattus norvegicus*(H~K)の被毛表面の走査型電子顕微鏡像。A, E, H: 先端部; B, F, I: 中間膨大部; C, G, J: 円筒状基部; D: トゲマウスの細い円筒部(基底部)から扁平部(中間部)への移行部; K: ラットの太い円筒部(中間部)(写真の右側が先端方向)。いずれの種の被毛も、毛根から細い円筒状に伸び、中間部で著しく太くなり、鋭端となって終わる形状を示した。ラットの間膨大部の被毛には、扁平で中央にくぼみのある形状のものとかぼみがなく円筒状のものが観察された。アラビアトゲマウスの毛根から伸びる細い円筒部の基部は極めて短く、それより先端は非常に大きな扁平形となっていた。

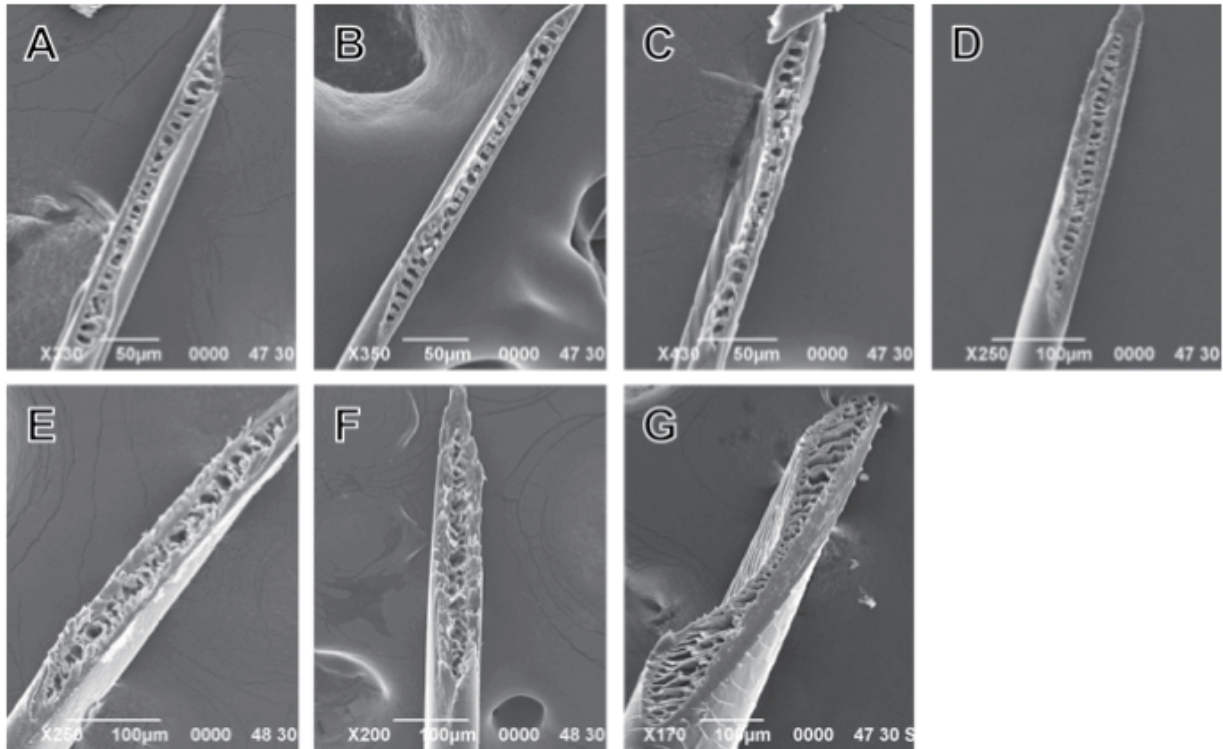


Fig. 3. Scanning electron micrographs of the cut surface of guard hair. A: Mongolian gerbil (*Meriones unguiculatus*), B: Russian vole (*Microtus levis*), C: laboratory mouse (*Mus musculus*), D: Triton hamster (*Tscherskia triton*), E: laboratory rat (*Rattus norvegicus*) (type 2), F: laboratory rat (*R. norvegicus*) (type 3), G: Arabian spiny mouse (*Acomys dimidiatus*). The cut surfaces of guard hair medulla of gerbil, vole, mouse, and hamster showed a sharply uniserial ladder shape, but in the hair medulla of rat (both type 2 and 3 described in Fig. 4) the shape and size of the airspace were irregular. The hair medulla of spiny mouse showed a complicated reticular structure.

図3. 被毛の遮断面の走査型電子顕微鏡像. A: スナネズミ *Meriones unguiculatus*, B: ロシアハタネズミ *Microtus levis*, C: マウス *Mus musculus*, D: トリトンハムスター *Tscherskia triton*, E: ラット *Rattus norvegicus* (形状: 第2タイプ), F: ラット *R. norvegicus* (形状: 第3タイプ), G: アラビアトゲマウス *Acomys dimidiatus*. スナネズミ, ハタネズミ, マウス, ハムスターの毛髄質の断面は明確な一列の梯子状の形状を示したが, ラットの毛髄質(両タイプとも)では, 気室の形や大きさが不規則であった. トゲマウスの毛髄質はかなり複雑であり, 網目状の構造であった.

であった. 扁平状膨大部における溝の最大幅の平均値は29.4µmであった. 今回観察した中間膨大部での円筒状と扁平状の比率は, およそ1:2で扁平状膨大部の被毛が多く確認された. ラットの被毛は2種類見られたが, くぼみの有無にかかわらず毛小皮のパターンはほとんど同じであった. 中間膨大部では山形が緩やかな, 相対的に丈の低い毛小皮が並んでいた. くぼみでは毛小皮の細胞境界の湾曲は毛根方向に山なりになる傾向があった(Fig. 2I). 細い円筒部では鋭い山型の毛小皮パターンで魚鱗様の配列をしていた(Fig. 2J).

被毛の遮断面

毛の斜断面を走査型電子顕微鏡で観察した結果, スナネズミ, ロシアハタネズミ, トリトンハムスター, マウスの4種では明確な1列の梯子状を成す毛髄質が確認できた(Fig. 3). 隔壁はほぼ等間隔に並んでおり, 隔壁によって生じる気室もおおよそ同じ大きさで並んでいた. 気室の形は四角形に近いものが多く, 楕円形や台形も見られた. スナネズミ

(Fig. 3A), ロシアハタネズミ(Fig. 3B), マウス(Fig. 3C)の被毛は中間膨大部が扁平でくぼみのある形状をしているため, くぼみの部分とその両側で気室の形や大きさが少し異なり, 気室の丈には大差はないものの, くぼみの部分で幅が狭くなっていた. また, 両側における気室が横方向に幅がある長方形が主であるのに対して, くぼんだ部分は正方形に近い気室が多かった. トリトンハムスターの中間膨大部はくぼみのない円筒状であるため, 毛髄質によって生じる気室の大きさと形は一定で, ほとんどが横方向に長い長方形であった(Fig. 3D).

一方, ラットの毛髄質も梯子状に近いが, 隔壁が波打った形をしているため, 気室の形や大きさが不規則になっていた. 隔壁が分岐して1列に複数の気室ができ, 梯子状を成していないものも見られた. この特徴は今回のラットに見られた2種類のいずれのタイプの被毛でも同じであった(Fig. 3E, F).

アラビアトゲマウスの毛髄質の形態は他の種のものとは異なり, かなり不規則に曲がりくねった隔壁をもち, 分岐した隔壁も多く, 気室は1列に複数見ら

れ、網目状に近いとも言える構造をしていた。それらの気室の形は多角形、楕円形、へ字、棒状など様々であり、大きさも多様であった (Fig. 3 G)。しかし、毛皮質と毛髄質の境界部では、隔壁の間隔がほぼ一定であることが見て取れたため、被毛形成の初期には梯子状であろうと推測された。また、くぼみの部分とその両側とで気室の幅が異なっていた。両脇の部分は上記のような複雑な構造をしているが、くぼんだ部分では斜め向きではあったが梯子状に近い形であった。溝の部分は中央に向かうにつれて、主にくぼみの反対側の面で毛皮質が厚くなり、毛髄質の割合が狭くなっていた。中央には毛髄質が全くない断面も見られた。

以上の結果から、被毛の形状のタイプを4型に分別し、その模式図をFig. 4に示す。また、供試した6種類の齧歯類の月齢、体重、体長、尾長のデータおよび被毛の計測値をTable 2に示す。被毛の第1のタイプはスナネズミとロシアハタネズミに見られたもので、円筒状から扁平状に、被毛全長の1/2で急激に変化している (Fig. 4 A)。第2のタイプはマウスとラットの被毛に見られたもので、円筒から徐々に扁平になる形状である (Fig. 4 B)。第3のタイプはトリトンハムスターの被毛とラットの被毛の一部に見られたもので、中間部で太さは増すが、全長にわたって円筒状であった (Fig. 4 C)。第4のタイプはアラビアトゲマウスに見られたもので、最も特徴的である木の葉状の被毛であった (Fig. 4 D)。

IV. 考察

ライダー (1980) によれば、齧歯類の被毛は柔毛タイプとされ、毛根側から刷毛末端、基底部、楕状部、細い先端の4つの部位に分けられている。構造的には、内部の毛髄質は梯子状であり、空隙 (気室) がほぼ等しい長さで連続していて、皮質のブリッジで区切られた長方形の領域が縦に梯子状に並んでいとされている。また、ラットとマウスを用いた研究から、横断面の丸い単毛、扁平な針毛、短くて細い毛の3種類の保護毛があるとされる。

本研究の観察結果では、いずれの種においても被毛は毛根から細い円筒状に伸び、途中で著しく太くなり、鋭端となって終わる形状が確認された。しかし、その詳細は種間で相違があり、著しく太い部分がスナネズミ、ロシアハタネズミ、マウス、ラットの被毛のように扁平で中央にくぼみのある形もあれば、トリトンハムスター被毛やラット被毛の一部のように、円筒状を呈する形もあった。また、アラビアトゲマウスの被毛の形状は最も特徴的であり、毛根から伸びる細い円筒部の基部が他の種のものとは比べ極めて短く、それより先端までは非常に大きな扁平形となっていた。

Tip of hair

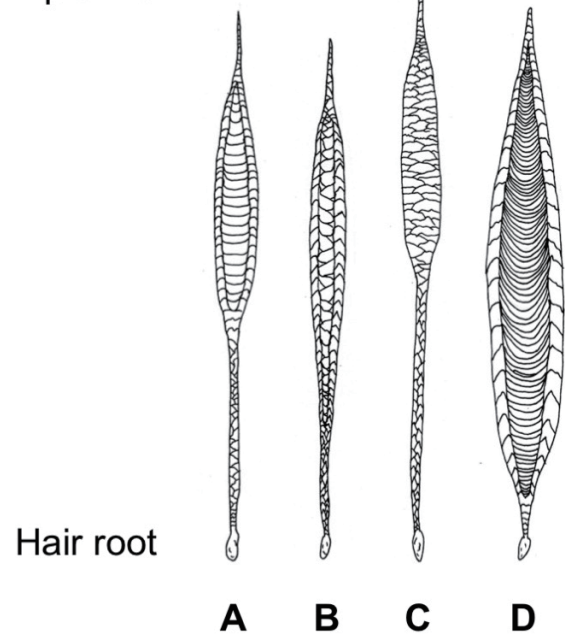


Fig. 4. Various types of guard hair surface morphology. A: type 1, from Mongolian gerbil (*Meriones unguiculatus*) and Russian vole (*Microtus levis*); B: type 2, from laboratory mouse (*Mus musculus*) and laboratory rat (*Rattus norvegicus*); C: type 3, from Triton hamster (*Tscherskia triton*) and laboratory rat (*R. norvegicus*); D: type 4, from Arabian spiny mouse (*Acomys dimidiatus*). Type 1: A shape that changes from a cylindrical to flat shape around 1/2 of the total length. Type 2: A shape that gradually change from a cylindrical shape at the basal part to a flat shape. Type 3: A shape showing a cylindrical shape over the entire length, although the middle part becomes thick, but it does not become flat. Type 4: A shape where only the basal part is cylindrical and the remaining is markedly flattened up to near the tip. It shows a unique lanceolate-leaf shape.

図4. 被毛の形状タイプ。A: 第1タイプ (スナネズミ *Meriones unguiculatus*・ロシアハタネズミ *Microtus levis*)、B: 第2タイプ (マウス *Mus musculus*・ラット *Rattus norvegicus*)、C: 第3タイプ (トリトンハムスター *Tscherskia triton*・ラット *R. norvegicus*)、D: 第4タイプ (アラビアトゲマウス *Acomys dimidiatus*)。タイプ1: 全長の1/2あたりで円筒状から扁平状になる形状。タイプ2: 基部の円筒状の形から徐々に扁平になる形状。タイプ3: 全長にわたって円筒状の形態を示す形状、中間部が太くなるものの、扁平形状とはならない。タイプ4: 基部のみが円筒状で、残りの部分が先端近くまで著しく扁平になっている形状。木の葉のような独特な形態を示す。

被毛の全体的な形状では、6種の識別には至らないものの、Fig. 4に示す4種類のタイプに分類された。また、被毛の太い部分の直径について雌雄で比較すると、ラットを除く5種においては雌よりも雄の方が径が大きい傾向があった。ラットでは雌の方が太い結果が出ているが、本研究で用いたラットの雄は1例であったことから、例数を増やすことで性差が明らかになると考えられる。

毛小皮パターンについては、スナネズミとロシアハタネズミの毛小皮は、扁平部ではともに細胞境界が形成する山形が緩やかな、横方向に比較的長いパターンで類似しているが、円筒状の基部ではロシアハタネズミの毛小皮はスナネズミの毛小皮よりも刺

々しい毛小皮をもつという点で異なる。また、ロシアハタネズミの毛小皮はくぼみ部分におけるパターンが先端方向に山なりになっている傾向があり、くぼみをもつ他の4種のものとは逆方向の山形を作っていた。トリトンハムスターは他種には見られない太い円筒状の形状をもつため、毛小皮はその表面の丸みに対応するように、横方向に短い形をしていた。アラビアトゲマウスにおいては、溝部分とその両側で毛小皮の形が大きく変わるため、容易に他種との判別ができた。マウスでは被毛の太さと比べて毛小皮が他種より大きく、一見して見られる毛小皮の数が少ない点特徴的であった。ラットは細い円筒部における毛小皮は多数の山形を構成し、魚鱗状に並んでいるという点が他種とは異なっていた。

以上のように、毛小皮においては各種に特有な形態が観察された。しかし、トリトンハムスターとラットの被毛の太い円筒部のように、部分的に類似した形態をもつものもあり、被毛の断片からの種の同定は困難と考えられるため、毛小皮パターンのみで完全な判別が可能であるとは言えない。

毛髄質の縦断面について、近藤ほか(2003)のイタチ科における報告があり、気室の形状を扁平、楕円、多角形に分け、分布状態を網目状、梯子状として種での違いを記載している。本研究の齧歯類においては、一列の梯子状の形態を示す種が多く、斜断面の観察からでは、スナネズミ、ロシアハタネズミ、マウスの3種については区別をつけることがかなり困難であった。トリトンハムスターは被毛の形状が異なるため、斜断面の輪郭が上記3種と異なる。中間膨大部が円筒状であることを考慮にいればトリトンハムスターの判別も可能であるが、毛髄質の形態だけを見ると、同様な梯子状を呈しており、差異があるとは言えない。その一方で、ラットとアラビアトゲマウスの毛髄質は、梯子状の傾向も見受けられるものの、隔壁の形が複雑化し、気室の形や大きさが不規則になっていたため、他種とは異なる形態と言える。特にアラビアトゲマウスの毛髄質はより複雑な形態をしており、網目状に近いものも観察されたため、齧歯類全体においても特殊であると考えられた。

結論として、本研究で対象とした6種の小型齧歯類は、被毛の形状、毛小皮パターン、毛髄質のそれぞれの解析結果からは種を同定することはできないが、それらの結果を合わせて総合的に検討すれば、6種の識別は可能であることが示唆された。

なお、本研究で用いた動物個体はいずれも遺伝資源あるいは実験動物として施設内で維持されていたものである。採取された被毛は冬季のものとはいえ、何世代にもわたって温度管理された室内で飼育されていた個体のものであるため、採取した被毛が

一概に冬毛であるとは言えない。今後、野生個体の被毛との比較が必要であろう。

V. 引用文献

- Debelica, A. and Thies, M.L.(2009). Atlas and key to the hair of terrestrial Texas mammals. Special Publications, Museum of Texas Tech Univ. 55: 1-102.
- Hausman, L.A.(1920). Structural characteristics of the hair of mammals. American Naturalist 54: 496-523.
- 伊藤 隆(2005). 皮膚の付属器cutaneous appendages. 阿部和厚 改訂, 「組織学(改訂19版)」: 307-325, 南山堂, 東京.
- 近藤敬治(2013). 日本産哺乳動物毛図鑑-走査電子顕微鏡で見る毛の形態. 北海道大学出版会, 札幌.
- 近藤敬治・二宮嘉健・市川秀雄・船渡康雄(2003). イタチ科(Mustelidae)における毛の密度と毛髄質の形態. 北大植物園研究紀要 3: 35-42.
- Lee, E., Choi, T-Y., Woo, D., Min, M-S., Sugita, S. and Lee, H. (2014). Species identification key of Korean mammalian hair. The Journal of Veterinary Medical Science 76: 667-675.
- 松崎 貴(1998). 毛髪を科学する-発毛と脱毛のしくみ(岩波科学ライブラリー(61)). 岩波書店, 東京.
- ライダー, M. L. (1980). 毛の生物学(Asakura-Arnold biology, 12)(加藤淑裕・木村資重利 訳). 朝倉書店, 東京.
- 持田 瞳・目加田和之(2017). トゲマウスAco系統の種の同定. 岡山実験動物研究会報 33: 22-25.
- Musser, G.G., and Carleton, M.D. (2005). Superfamily Muroidea. In Wilson D.E., and Reeder, D.M. (ed.) "Mammal Species of the World: A Taxonomic and Geographic Reference. 3rd ed. Vol. 2.": 894-1531, The Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- 野村祐子(1995). 動物毛の形態観察. 北海道大学農学部技術部研究・技術報告 2: 3-11.
- 織田銑一・子安和弘・原田正史(1995). 中国産キヌゲネズミ greater long-tailed hamster, *Cricetulus triton*の飼育・繁殖. 名古屋大学環境医学研究所年報 46: 197-200.
- Stuermer, I.W., Plotz, K., Leybold, A., Zinke, O., Kalberlah, O., Samjaa, R., and Scheich, H. (2003). Intraspecific allometric comparison of laboratory gerbils with Mongolian gerbils trapped in the wild indicates domestication in *Meriones unguiculatus* (Milne-Edwards, 1867) (Rodentia: Gerbillinae). Zoologischer Anzeiger 242: 249-266.
- Teerink, B.J. (1991). Hair of West-European Mammals: atlas and identification key. Cambridge University Press, Cambridge.
- Widayati, D.T., Mekada, K., Oda, S., Zholnerovskaya, E., Zakiyan, S.M., and Fukuta, K. (2003). Reproductive features of the Russian vole in laboratory breeding. Experimental Animals 52: 329-334.

和文要約

実験動物として系統保存されている小型齧歯類6種、スナネズミ、ロシアハタネズミ、トリトンハムスター、アラビアトゲネズミ、マウスおよびラットの背部保護毛の毛長、毛幅を測定し、被毛表面と斜断面の微細構造を走査型電子顕微鏡により観察した。皮膚より露出した毛幹の形状は円筒状の基部、中間膨大部、先細くなる先端部の3部に大別されるが、ハムスターの被毛とラットの一部の被毛を除き、中間膨大部がくぼみ、扁平状であった。ハムスターの被毛とラットの1/3の被毛では、くぼみがなく、中間膨大部においても太い円筒状であった。最も特徴的な被毛はトゲマウスで、木の葉状を呈していた。走査型電子顕微鏡による観察では、表層の毛小皮パターンでそれぞれの種に特徴があり、特に毛

小皮が明瞭な円筒状基部で、刺々しい峻険な山形パターン(ハタネズミ、マウス、ラット)と緩やかな山形パターン(トゲネズミ、スナネズミ、ハムスター)がみられた。また、斜断面での毛髄質の微細構造では一定の気室が一行に配列する梯子状構造(スナネズミ、ハタネズミ、ハムスター、マウス)、不規則な隔壁からなる構造(ラット)、および複雑な網目状構造(トゲネズミ)がみられた。観察を行った6種の齧歯類の被毛を4タイプに分類した。今回の観察で得られたそれぞれのデータのみでは、被毛の一部を用いた種の同定は困難であるが、全てのデータを総合的にみることで、かなりの確度で種を同定しうることが示唆された。

(2017年12月14日受理)