Breeding and Rearing of Japanese Field Voles (*Microtus montebelli* Milne-Edwards) and Hungarian Voles (*Microtus arvalis* Pallas) as New Herbivorous Laboratory Animal Species

Hiroshi KUDO and Yoshio OKI

Department of Physiological Chemistry, Nippon Veterinary and Zootechnical College, 1-7-1 Kyonancho, Musashino, Tokyo 180, Japan

(Received for publication : May 23, 1981)

Microtus species are very useful as experimental small animals with herbivorous characteristics. In this report, to approach establishment of the use of Japanese field voles (*M. montebelli*) and Hungarian voles (*M. arvalis*) as experimental animals, the biological characteristics, breeding methods and reproductive performance of these animal species were comparatively investigated. The number of chromosomes of *M. arvalis* is $2n=46$, differing from those of *M. montebelli*, $2n=30$. The breeding and reproduction of the *Microtus* species were relatively easily accomplished in the laboratory, by giving high fiber-containing rations. These animals prove to be polyestrous and showed postpartum estrous on the day of parturition. In the breeding by the continuous mating of the same pairs, there was little or no delay in implantation due to lactation, especially in *M. arvalis* resulting in continuous birth at intervals of 20 to 21 days. On examination of vaginal smears, Japanese field voles (*M. montebelli*) did not show any definite pattern whereas 23 out of 30 voles from Hungary (*M. arvalis*) examined showed 6- to 18-day cycles. There were remarkable differences between the Japanese voles and the Hungarian voles, both biologically and reproductively.

草食性実験動物としての本邦産ハタネズミ (*Microtus montebelli* Milne-Edwards) とハンガリー産ハタネズミ (*Microtus arvalis* Pallas) の育成および繁殖について

工 藤 博・大木与志雄

日本獣医畜産大学生理化学教室

ハタネズミ (*Microtus* species) はゲッ歯目—ネズミ科—ハタネズミ亜科—ハタネズミ属に属する小型の動物である。この動物は草食性であるために他種ネズミ類とは異なって大きな胃と盲腸を有する。とくに胃はよく発達したU字型の複胃で、食道のう、腺胃および幽門胃の三つの部分からなっており、草食に適した消化機能を持っている[3, 4, 9, 12, 13, 14, 20, 22, 25, 26]。

著者ら[12, 13, 14]は、ハタネズミの消化生理における

食道のうの役割を明らかにするために、食道のう内に生息する細菌の種類、数を明らかにしたが、同時にその構成が、摂取する飼料によって影響されること、とくに高繊維含有飼料を給与した場合には、強力な繊維分解能を有する繊維分解菌が多数存在することを認めた。さらに、肝臓、乳腺組織における代謝も、マウスなどいわゆる“糖動物”とは異なる“脂酸動物”の型を示すことなどを明らかにした。

これまで、数多くの研究者が、本種の実験動物化を試みてきたが、その多くは、途中で挫折している。近年わが国では、後藤[5, 6, 7]が1973年から、長野県菅平で捕獲した本邦産ハタネズミ (*M. montebelli*) を中心として、実験動物化を試みている。

当研究室では、より繁殖能力の高い小型の草食性実験動物の開発を目的として、埼玉県桶川で捕獲した本邦産ハタネズミ ($2n=30$) の室内飼育繁殖を試み、一つの繁殖群を確立した。またハンガリー産由来ハタネズミ (*M. arvalis*) の分与を受け、その継代、繁殖を行い、ほぼマウスの程度まで温順になった。これら両種の生物学のおよび飼育、繁殖上の特性を知ることは、実験動物学上きわめて重要であると考え、本邦産とハンガリー産の両ハタネズミを比較しながら検討を加えたので報告する。

材料および方法

1. 当研究室のハタネズミの起源

(a) 本邦産ハタネズミ (*M. montebelli*) : 1977年、埼玉県桶川市の荒川河川敷にある牧草地で捕獲したものを中心に、飼育繁殖を継続している無作為交配群。

(b) ハンガリー産ハタネズミ (*M. arvalis* Pallas) [21] : 1969～1971年ハンガリーの各地で捕獲したものを母体にハンガリーゲッ歯類生物研究所で、兄妹交配を行った近交 8～10世代のものを1979年1月、著者がハンガリーから持ち帰り、当研究室で引き続き兄妹交配 (5世代) を続けている群。

2. 飼育条件

(a) 温度、光 : 飼育温度は18～24°C、照明は蛍光灯を用い、14時間明、10時間暗で飼育した[15]。

(b) ケージ、床敷 : マウス一般飼育用の 210×320×135mm のポリカーボネイト透明ケージ (日本クレア製) を使用し、一般飼育時は、5匹以内、繁殖時は、♂1匹、♀1匹を収容した。また床敷は、通常カンナ屑を用い、繁殖期にはカンナ屑の他に、さらに乾草を巣材とした。床換えは週2～3回行ない、毎回全部の床敷を取りかえた。

(c) 飼料 : ウサギ、モルモット用ペレットGC-4、草食動物用ペレット ZC (オリエンタル酵母社製) およびヘイキューブ (方形状の圧縮干草、米国製) を薄く刻んだものをそれぞれ常時給与し、自由採食とした (1日1匹あたり、およそペレット7～8g、ヘイキューブ3～4g)。給水は給水ビンを用い、自由飲水とした。

3. 開腔週齢

出生日を0日として、腔開口までに要した週齢をしらべた。

4. 腔垢検査

原則として腔垢採取を午前8時と午後10時に、22～30日間行ない、小ピペットにて腔内を蒸留水あるいは生理食塩液で、2～3回洗い、洗滌液をスライドグラスに取り、室温乾燥後、メタノール固定、ギムザ染色を行ない鏡検した[10, 11]。

5. 卵子の確認

ハンガリー産ハタネズミについてのみ、腔垢中の角化細胞消失 48～120時間後に生理食塩液で子宮を灌流し、倒立顕微鏡で卵子の有無を確認した[16]。

6. 交配方式

原則として、初交配を60日齢で雄1、雌1の同居により行ない、一度ペアリングをして、妊娠、育仔をしたものは、全繁殖期間を通じて、同居を継続した。雌の初産日齢を検索する場合は、離乳直後、成熟雄と同居させた。

7. 精子の確認

ハタネズミは出産後、直ちに交尾をするので、出産後30分～6時間の雌の腔内を小ピペットを用いて、蒸留水で2～3回洗い、洗滌液をスライドグラスに取り、室温乾燥後、メタノール固定、ギムザ染色を行ない、鏡検した。

なお、本邦産ハタネズミの染色体[20]については報告があるが、ハンガリー産ハタネズミの染色体については、報告されていないので、胎仔線維芽細胞と大腿骨・骨髓細胞から標本を作成して鏡検した[8, 23, 24, 27]。

成 績

1. 外観的特性

Fig. 1 および Fig. 2 はハンガリー産ハタネズミの写真である。ハタネズミは主として地中の孔道で生活していて、その外観的な特徴は、マウスと比較して、頭蓋骨が丸く、尾が短く、耳も小さいことである。ハンガリー産と本邦産の両ハタネズミを比較すると、ハンガリー産の方が小型で、眼が大きく、色も多少黒味を帯びている。

なお、本邦産ハタネズミの染色体数は $2n=30$ (Fig. 3) に対して、ハンガリー産ハタネズミのそれは $2n=46$ (Fig. 4) であった。

2. 新生仔の発育

1979年における当研究室の本邦産とハンガリー産ハタ

Fig. 1 Gentle *Microtus arvalis* Pallas

Fig. 2 White spot strain of *Microtus arvalis* Pallas

Fig. 3 Chromosomes of *Microtus montebelli*, $2n=30$; Giemsa stain, $1200\times$

ネズミの成長曲線を Fig. 5 に示した。両種とも、雄の方が大きい。新生仔体重は、本邦産で平均 2.8 g 、ハンガリー産では平均 1.9 g であった。顕著な体重増加が認

Fig. 4. Chromosomes of *Microtus arvalis* Pallas, $2n=46$; Giemsa stain, $1200\times$

Fig. 5. Growth curves for *M. montebelli* and *M. arvalis* Pallas in the laboratory

められるのは、生後13～15日からで、この動物の離乳期にあたり、固型飼料を摂取し始める時期である。体重増加は約10週でほぼ止まる。成長に伴う形態的变化は、肉眼的には、およそ次のようであった。乳頭の観察可能(2～3日齢雌, 4対)→発毛(3～4日齢)→開耳孔(6～7日齢)→開眼(8～10日齢)→離乳可能(14日齢)。採食は早いものでは9日齢で始まり、離乳時にはすでに開腔している個体もあり、極く稀ではある

Table 1. Ages of *M. montebelli* and *M. arvalis* at time of vaginal opening

Age in weeks	<i>M. montebelli</i>	<i>M. arvalis</i>
2	3/63* (4.8%)	10/125 (8%)
3	5/63 (7.9%)	23/125 (18.4%)
4	30/63 (47.6%)	88/125 (70.4%)
5	45/63 (71.4%)	95/125 (76%)
6	48/63 (76.2%)	105/125 (84%)
7	50/63 (79.4%)	110/125 (88%)
8	50/63 (79.4%)	118/125 (94.4%)
9	52/63 (82.5%)	119/125 (95.2%)

* ; No. of voles with opened vagina/No. of voles examined.

が、ハンガリー産では生後33日目、本邦産では同35日目に、雄親との交配によるものと思われる初産の認められた個体もあった。このようにハタネズミの成長に伴う形態的および生理的变化の日齢はかなり早い。

3. 開腔

Table 1 に本邦産とハンガリー産ハタネズミの開腔する週齢を示した。本邦産では63匹中 3 匹 (4.8%)、ハンガリー産では 125匹中 10匹 (8 %) が、2 週齢ですでに開腔していた。開腔は、ハンガリー産の方が早く、4 週齢で70%が開腔するのに対して、本邦産では約48%であった。また本邦産では、9 週齢を過ぎても、まだ開腔していないものが相当数 (17.5%) あり、さらに精子を確認しても、受胎しないものが相当数認められた。

Fig. 6 Vaginal smears in *Microtus arvalis* Pallas

- A. Proestrous stage (I). Nucleated epithelial cells can be seen. 100×
- B. Estrous stage (II). Note the marked cornification. 100×
- C. Metestrous stage I (III). Numbers of cornified epithelial cells appear. 100×
- D. Metestrous stage II (IV). Containing some degenerated epithelial cells and numbers of leucocytes. 100×

4. 性周期

腔垢像に関しては、検索した30匹の本邦産ハタネズミのうちで、連続角化像を示す個体や、不規則に角化細胞像を示す個体などが認められたが、明瞭なパターンを示す個体は1例も観察されなかった。これに対し、ハンガリー産では、ラットのように規則的な周期を示すものはなかったが、30匹中23匹が6～18日周期のパターンを示し、かつ角化細胞消失後に、子宮内に卵子が確認された。さらに、これらの腔垢像変化は、Fig. 6 に示したように、おおむね、発情前期 (Proestrous : Stage I), 発情期 (Estrous : Stage II), 発情後期 1 (Metestrous 1 : Stage III), 発情後期 2 (Metestrous 2 : Stage IV) および発情間期 (Diestrous : Stage V) の5

期に区分することが出来た [1, 2, 10, 11]。

5. 初産日齢

Fig. 7 にハンガリー産と本邦産ハタネズミの初産日齢の分布を示した。前者では、60～69日に初産するものが最も多かった。後者の初産日齢は、130～139日に最も多く分布を示し、全体的に、ハンガリー産のそれよりもはるかに遅かった。

6. 出産の反復性

本邦産およびハンガリー産ハタネズミは室内で通年繁殖が可能である。Fig. 8 にハンガリー産の“一夫一婦同居方式”による反復出産にともなう母体重の変化を示した。交尾後14日目前後には、妊娠の有無が判定しうるほど、母体重が増加する。連産中の体重変化は規則正し

Fig. 7. Distribution by age at the first birth in *M. montebelli* and *M. arvalis* Pallas

Fig. 8 Changes of body weight in *M. arvalis* during their continuous births

Fig. 9 Vaginal smear of *Microtus arvalis* Pallas, photographed 30 minutes after birth. Sperms already appear. 100×

Fig. 10. Distribution by delivery interval in *M. montebelli* and *M. arvalis* Pallas

Fig. 11 Litter sizes in *M. montebelli* and *M. arvalis* Pallas

く20日周期を描いている。これは後分娩発情時に雄と交尾した結果であることが、腔垢中の精子の存在によって確かめられた (Fig. 9)。このような連産の傾向は、本邦産よりも、ハンガリー産の方がより高い頻度で見られた (Fig. 10)。

7. 産仔数

Fig. 11 に本邦産とハンガリー産ハタネズミの産仔数を示した。平均産仔数は前者で 4.65 ± 1.39 、後者で 4.75 ± 1.40 ($F_8 \sim F_{13}$) であった。最大産仔数は本邦産で9、ハンガリー産で11であった。

以上のように本邦産とハンガリー産ハタネズミとでは、生物学および繁殖学的に著明な相違が認められた。これら両種の特性、相違点を整理すると、Table 2の通りである。

考 察

本邦産野生ハタネズミの室内繁殖は、必ずしも容易ではないが、室内繁殖に成功した飼育群においても、その繁殖成績については、初産日齢の遅延、産仔数の僅少などが報告[5,6]されている。これは遺伝的要因のほか、環境的要因、とくに草食動物としての特性に適合しない飼料を給与したことが主要な原因の一つではなかろうかと思われる。著者らは本邦産野生ハタネズミを捕獲し、種々の線維含有飼料を給与し、飼育を試みた結果、給与飼料の種類により消化管内微生物そうならびに発酵状態が異なり、適切な高線維飼料の給与により、それらは改善されるとともに[12,13,14]、室内繁殖も比較的容易に

Table 2. Comparison of biological data between *M. montebelli* and *M. arvalis* Pallas

	<i>M. montebelli</i> **	<i>M. arvalis</i> Pallas***
Origin	Wild voles, Okekawa, Saitama, Japan (1977)	Vole colony (F8-10) in Laboratory for Biology of Rodents, Hungary (1979)
No. of chromosomes	2n=30	2n=46
Adult weight	♂ 50-64g ♀ 38-45g	♂ 36-49g, ♀ 32-38g (25-33g, 22-30g)*
Weight of new born	2.4-3g	1.8-2.4g
Estrous cycle	Not identified	6 to 18 cyclic days
Type of ovulation	Copulatory ovulator #	Spontaneous ovulator
Mating system	1:1	1:2-5 is also possible
Age of the first birth	136±26.1 days (58-175 days)	64.1±18.6 days (34-92 days)
Gestation period	21 days (18-22 days)	20 days (16-22 days)
Average litter size	4.65±1.39	4.75±1.40

* Data in Hungary   #Goto and Hashizume (1978)

** Breeding in our laboratory for 3 years (1977-1980)

*** Sib mating (F10+5) in our laboratory for 2 years (1979-1980)

なることを認めた。とくに、本動物の栄養生理的特性を考慮しつつ、実験動物学的立場から、草食動物用ペレットと細切したヘイキューブおよび給水により飼育する方式を考案し、きわめて良好な成績を得た。この点について、ハタネズミの室内飼育に既に成功している後藤らは、当初野菜くずとマウス用ペレットで飼育していたが、その後栄養学的検討を加え、草食動物としての飼料給与を試みている[5,18]。しかしその方法は、なお典型的な草食性実験動物としてのハタネズミに適合した飼料メニューならびに組成であるとは考えにくい。またハンガリーゲッ歯類生物研究所では、ラット用ペレットと野菜、または牧草のみ[21]で飼育され、水はとくに与えていなかった。ハンガリー産は、Table 2 から分るように、当研究室へ導入してから、栄養状態が改善され、ハンガリーで22~33gであった群が、当研究室飼育群では同週齢で32~49gと体重が著しく増大している。しかしながら、ハタネズミの室内飼育の歴史は未だ浅く、草食動物用ペレットとヘイキューブを併用するという著者らの飼料メニューも実験動物用飼料としては未完成のものであり、さらに草食性実験動物としてのハタネズミの栄養条件に適合した新しい高繊維含有ペレットを製作し、このペレット単独による飼育法を確立すべく、目下のと

ころ、種々改善を加え、検討を行っている。

つぎに、繁殖成績に関しては、ハンガリーにおける成績が報告されていないので比較できないが、当研究室におけるハンガリー産由来ハタネズミは、初産日齢、産仔数などの点でマウスに近い成績を示し、大量生産を行うことも可能と思われる。いっぽう、毛色の点では、当研究室で継代繁殖しているうちに、Fig. 2 のようなwhite spot を持つものが現われ、世代を重ねるにつれて、このwhite spot が大きくなることが認められた。

本邦産の繁殖上の問題としては、初産日齢がハンガリー産のそれ(64.1±18.6日)に較べて、136±26.1日と晩熟であることがあげられるが、それでも後藤の飼育群における報告[5]の本邦産2代における338.8±165.4日、6代における186.8±96.2日よりも、著者らの飼育群の方が若い初産日齢である。最近、当研究室で飼育している1ペアから、初産日齢が35~40日のものとか、産仔数が5~8匹の家系が出現しているので、これを種親として育種選抜してゆくことなどを合せ考えると、本邦産の繁殖能力もさらに改善されるものと思われる。

本邦産ハタネズミ(染色体数2n=30)とハンガリー産ハタネズミ(同2n=46)とは染色体数も大きく異なり、外観も多少違っているにもかかわらず、相互間での交尾

は可能であったが、交雑種の作出には成功しなかった。しかしこの性質を利用すれば、受精や受胎着床などの繁殖機構を知る上で重要な材料となる可能性が考えられる。ハタネズミの繁殖上の特性として、一夫一婦同居方式で連産の可能なことがあげられるが、この連産は、ハンガリー産において、より規則的である。ハタネズミでは後分娩発情および追いかけて妊娠が認められるが、少なくともハンガリー産においては、マウスやラットで一般に言われているような受精卵の着床遅延は上述の同居方式では認められなかった。現在、ハタネズミの平均産仔数は、Table 2で見られるように、本邦産の無作為交配群で 4.65 ± 1.39 匹、ハンガリー産の兄妹交配群($F_8 \sim F_{13}$)で 4.75 ± 1.40 匹で、普通のマウスより少ないが、哺乳期間は14日で十分離乳することから、連産による母体の体力消耗も少なく、約20～21日の間隔で連産するため、親一匹当りの生産効率はそれほど悪くはない。ただし、ハンガリー産ハタネズミの無作為交配群では、産仔数が5～8匹で連産するものが比較的多く、今後さらに良好な家系の確立されることが期待される。さらに大量生産という観点からいえば、マウスなみの交配方式、すなわち雄1匹、雌3匹同居交配が望まれるが、現在、ハンガリー産ハタネズミでは、この方式で妊娠し、かつ離乳にまで至る例も観察されている。1つの大きなケージ内で雄1匹、雌5匹で30匹出産し、24匹離乳したという記録もあり、今後、いわゆるマルチ交配方式により、本種の大量生産も可能になってくるものと思われる。

いっぽう、萬田[19]は、ゴールデンハムスターが草食性であることに着目し、この動物の栄養生理学的検討を行った結果、粗飼料の生物学的評価に本動物が有効であることを報告した。しかし、ゴールデンハムスターは、通常は、マウス、ラットと同様に線維分の少ない飼料で長期にわたって育種繁殖されて来ているので、にわかに線維分の多い飼料を給与しても、草食動物としての本来の特性を十分に備えているかどうか疑問が持たれる。これに対して、著者らの育成している本邦産ハタネズミは最初から草食動物としての飼料を給与しており、またハンガリー産も入手以来、同じ草食動物用の飼料を給与して来ているので、その特性を明らかに維持しており、両種とも草食性家畜用の実験動物として期待できる。また繁殖上の現象についても、きわめて興味ある特徴が認められており、さらに同じ *Microtus* に属しながら、*M. montebelli* と *M. arvalis* とは生物学的にも、繁殖学的にも著しい相違が認められ、これらの面での研究にも利用できる可能性が充分考えられる。今後、それぞれの

特性をさらに究明し、研究者の要望に答えられる草食性小型実験動物として改善育成に勉めたい。

要 約

ハタネズミ (*Microtus species*) は、草食動物としての特徴をもつ小型実験動物としてきわめて有用である。著者らは本邦産野生の *M. montebelli* を起源とするハタネズミおよびハンガリーに棲息する *M. arvalis* (ハンガリーゲッ歯類生物研究所飼育群) 由来のハタネズミの実験動物化に努め、その特徴、飼育方法および繁殖成績について検討を加えた。すなわち、高線維含有飼料を給与することにより、野生ハタネズミを比較的容易に室内繁殖させることが出来るようになった。

M. arvalis の染色体数は $2n=46$ であり、*M. montebelli* の $2n=30$ とは異っていた。本動物は多発情動物で、出産当日に後分娩発情がおこり、一夫一婦同居方式による飼育では、授乳による受精卵の着床遅延はほとんど見られず、その結果、20～21日の間隔で連産するものが比較的多かった。腔垢像に関しては、本邦産ハタネズミは明瞭なパターンを示さなかったが、ハンガリー産ハタネズミでは、検査した30匹の中、23匹が6～18日の周期を示した。

本邦産ハタネズミとハンガリー産ハタネズミとでは、生物学的にも、繁殖学的にも著明な相違が認められた。

本研究に際し、ハンガリー産ハタネズミを分与されたハンガリーゲッ歯類生物研究所の E. Nikodemusz 博士および本邦産ハタネズミの生態に関して、御助言を頂いた農林水産省家畜衛生試験場 後藤信男博士に深く謝意を表する。

文 献

- [1] Asdell, S. A. (1964). Patterns of mammalian reproduction. 2nd ed, pp. 298-307, Cornell Univ. Press, New York.
- [2] Clulow, F. V., and Mallory, F. F. (1970). Oestrus and induced ovulation in the meadow vole, *Microtus pennsylvanicus*. Reprod. Fert., **23**, 341-343.
- [3] Cowan, R. L., Long, T. A., and Jarret, M. (1968). Digestive capacity of the meadow vole (*Microtus pennsylvanicus*). J. Anim. Sci., **27**, 36.
- [4] Elliot, F. C. (1963). The meadow vole (*Microtus pennsylvanicus*) as a bioassay test organism for individual forage plants. Quart. Bull., **46**, 58-72.
- [5] 後藤信男 (1975). ハタネズミ. 実験動物の飼育管理と手技, pp. 280-289, 今道友則監修, ソフトサイエンス社, 東京.
- [6] 後藤信男・楠詰良一・崔郁虎 (1977). ハタネズミの産仔数と腔垢像について. 哺乳動誌, **7**, 75-85.

- [7] 後藤信男・橋詰良一 (1978). ハタネズミ (*Microtus montebelli*) の排卵様式. 哺乳動誌, 7, 181-188.
- [8] Hartke, G. T., Leipold, H. W., Huston, K., Cook, J. E., and Saperstein, G. (1974). Three mutations and the karyotype of the prairie vole. White spotting, polydipsia, and muscular dystrophy in *Microtus ochrogaster*. *J. Hered.*, 65, 301-307.
- [9] Keys, J. E. Jr., and Van Soest, P. J. (1970). Digestibility of forage by the meadow vole (*Microtus pennsylvanicus*). *J. Dairy Sci.*, 53, 1502-1508.
- [10] 北 徳・小林英文・猪 貴義・仲田包著 (1979). チャイニーズハムスターの発情周期にともなう腔垢像の変化. 実験動物, 28, 11-16.
- [11] 北 徳・西川 哲・猪 貴義・山上貢司 (1979). 妊娠チャイニーズハムスターにおける腔粘液分泌と腔垢像の変化. 実験動物, 28, 365-372.
- [12] Kudo, H., Oki, Y., and Minato, H. (1979). *Microtus* species as the laboratory animals. I. Bacterial flora of the esophageal sac of *Microtus montebelli* fed on different rations and its relationship to the cellulolytic bacteria. *Bull. Nippon Vet. Zootech. Coll.*, 28, 13-19.
- [13] 工藤 博 (1980). 草食性ハタネズミにおける発酵生産物の産生, 利用および実験的糖尿病—ケトン尿症に関する研究. 栄養生理研究会報, 24, 17-34.
- [14] Kudo, H., and Oki, Y. (1981). Fermentation and VFA productions in the esophageal sac of *Microtus montebelli* fed on different rations. *Jpn. J. Vet. Sci.*, 43, 299-305.
- [15] Lecyk, M. (1962). The effect of the length of daylight on reproduction in the field vole (*Microtus arvalis* Pall.). *Zoologica poloniae*, 12, 189-221.
- [16] Lee, C., Inskeep, E. K., and Horvath, D. J. (1968). Ovulation in meadow vole (*Microtus pennsylvanicus*). *J. Anim. Sci.*, 27, 35.
- [17] Lynch, G. P., and Keys, J. E. (1968). Nutritional studies using the meadow vole (*Microtus pennsylvanicus*). *J. Anim. Sci.*, 27, 34.
- [18] 万田富治・後藤信男 (1976). 牧草消化能力に関するハムスターとハタネズミの比較研究. 日本草誌, 22, 52.
- [19] 万田富治 (1979). ハムスターの栄養生理と粗飼料の利用特性. 栄養生理研究会報, 23, 111-128.
- [20] Mammalian chromosomes Newsletter. (1967). 8(4), 283.
- [21] Nikodemusz, E. (1975). The method of intragastric administration of fluid to field vole (*Microtus arvalis* Pallas). *Z. Versuchstier*, 17, 1-3.
- [22] 小原嘉昭・後藤信男 (1980). ハタネズミ Japanese field vole (*Microtus montebelli*) 消化管における揮発性脂肪酸産生と消化管および肝組織におけるその消費. 日畜会報, 51, 393-396.
- [23] Schnedl, W., and Czacker, R. (1974). Centromeric heterochromatin and comparison of G-banding in cattle, goat, and sheep chromosomes (*Bovidae*). *Cytogenet. Cell. Genet.*, 13, 246-255.
- [24] Schnedl, W., and Schnedl, M. (1972). Banding patterns in rat chromosomes (*Rattus norvegicus*). *Cytogenetics*, 11, 188-196.
- [25] Shenk, J. S., Elliot, F. C., and Thomas, J. W. (1971). Meadow vole nutrition studies with alfalfa diets. *J. Nutr.*, 101, 1367-1372.
- [26] Shenk, J. S. (1976). The meadow vole as an experimental animal. *Lab. Anim. Sci.*, 26, 664-669.
- [27] Yamanaka, H. (1977). The possibility of cattle chromosome classification, identified by G-banding patterns. *Jpn. J. Vet. Res.*, 25, 52-58.