

エゾヤチネズミ個体群の変動に関する研究 (IV)

出生後の生長に影響する飼料の配合組成

桑 畑 勤⁽¹⁾

Tsutomu KUWAHATA : Studies on Population Fluctuation of the Red-backed
Vole, *Clethrionomys rufocanus bedfordiae* (THOMAS) (IV)
Growth of the vole influenced by the ratio of combinations of
the feeds and the nutritive materials during postnatal period
in cage-reared stocks under the laboratory conditions

要 旨 : 今回の実験は、春仔の生長と食物条件との関係を明らかにするために計画されたものである。草食性であるエゾヤチネズミの生長に、濃厚飼料がどんな役割をもっているかを分析するため、粗飼料と濃厚飼料との組み合わせによる要因分析をおこなった。

その結果、エゾヤチネズミの母体の繁殖活動、とくに哺乳中の母体にたいしては、濃厚飼料は欠くことのできない食物であり、粗飼料だけでは、良好な繁殖活動がおこなわれないことがわかった。

一方、独立生活期におけるエゾヤチネズミの生長には、濃厚飼料はあまり有効でなかったが、繁殖活動には有効な食物であった。しかし、飼料の濃厚飼料含有率が増加すると、エゾヤチネズミの繁殖活動に2つの傾向が現われた。1つは、濃厚飼料の摂食によって早熟性を現わす個体と、もう1つは、濃厚飼料を粗飼料とともに摂食しても早熟性を現わさず、粗飼料だけを摂食した個体とほとんどおなじ性的成熟度をしめす個体とであった。また、雄と雌の生長と発育にかかわる栄養条件は、それぞれの発育段階に応じて、ちがった食物条件を要求することが明らかになった。

目 次

まえがき	1
I 母体の繁殖活動に影響する要因	2
II 生長に影響する飼料の配合組成	8
実験 : I 粗飼料と濃厚飼料との配合組成	8
実験 : II 大豆油の添加による飼料カロリーの増加の影響	22
実験 : III α -トコフェロールの添加の影響	24
III 総 括	26
IV 文 献	31
Summary	32

ま え が き

エゾヤチネズミの個体数変動は、2つの異なる生長と発育の仕方によって、おもに決定されていることが明らかになってきた⁽²⁾⁽¹⁹⁾⁽¹⁴⁾⁽²⁸⁾。すなわち、春仔の春から秋までの生長と発育の仕方と、越冬個体の秋から翌春までの生長と発育の仕方とである。

春仔の生長と発育の仕方は、生長とともに繁殖がおこなわれるのが特長で、おおむね、2, 3か月で性的

成熟に達し、繁殖活動をおこなう早熟性の個体があらわれる。しかし、生活条件の変化によっては、その年の秋までに性的成熟に達することができず、未成熟のまま越冬する個体が、ひじょうにおおくなる年もある。

一方、越冬個体の生長と发育の仕方は、繁殖活動がひどく抑制されたまま越冬し、翌春、繁殖活動をはじめが、これも年によって、その開始時期が変動するだけでなく、春繁殖のおう盛な年と、そうでない年とがある⁸⁾⁴⁾¹⁰⁾¹³⁾¹⁴⁾¹⁵⁾²⁸⁾。

以上のように、春仔や越冬個体の生長と发育の仕方は、これまでの、おおくの野外調査の結果から、生活条件の変化によって、おおきく影響されることがわかっているが、それが、いったい、どんな環境要因によるものであるかを明らかにするためには、温度、湿度、光、食物などの諸条件を、人工的に調節した飼育実験で要因分析をおこなうことが必要である¹¹⁾¹²⁾¹⁶⁾。

この研究の第1の目的は、春仔の早熟性がどんな環境要因によるものかを分析することである。春仔の生活にもっとも影響をあたえる要因は、食物条件であると考えられるので、温度、湿度、光などの気象要因を一定にし、食物条件だけを変化させて飼育実験をおこなった。

この研究を進めるにあたって、終始ご厚情ある指導と援助をいただいた鳥獣科長 上田明一博士、および鳥獣研究室の方々に厚く感謝する。また、この報告のとりまとめにあたり、おおくの忠言をいただいた保護部長 横田俊一博士と鳥獣研究室長 樋口輔三郎博士に厚くお礼を申上げる。最後に、この実験のはじめから飼育業務を援助された杉村文子さんに心から感謝する。

I 母体の繁殖活動に影響する要因

エゾヤチネズミの生長に影響する要因を飼育実験で分析しようとするとき、飼育実験と、飼育実験以前の生活条件との関係が、まず問題になる。実験個体として実際に使用できるのは離乳後であるので、哺乳中の仔の生長と、母体の飼養条件とのむすびつきも検討しなければならない。

エゾヤチネズミの独立生活を何日齢からにするかは、まだ、明らかにされてはいないが、ここでは、20日齢以後を独立生活と考えて実験をおこなった。

1) 実験材料と方法

この実験には、野幌国有林で採集したエゾヤチネズミを恒温、恒湿飼育室で20世代以上の繁殖をくりかえした closed colony の個体を使用した⁸⁾。

実験条件は、飼育室の温度、湿度、光などの気象要因を制御するとともに、実験個体そのものの生物要因——遺伝、疾病——の制御も、また必要であるが、この実験では、実験個体の生物要因の制御はおこなわれず、気象要因と飼育箱内での行動が制御された⁷⁾¹²⁾。

エゾヤチネズミは恒温(18~20°C)、恒湿(60~80%)飼育室で、1日14時間の人工照明区(光室)と、0時間の無照明区(暗室)の、2つの処理で実験された。

飼料は、Table 1 に示した A, B, C, D, E, F, G の7種の配合飼料がつかわれたが、暗室区では、繁殖活動が世代を経るごとに低下し、実験がつづけられなくなったので、途中で実験を中止せざるを得なかった。

おなじ実験条件のもとで飼育された、雄と雌は、80日齢になると交配された。実験に使用したエゾヤチネズミは、配合飼料のほかに、肝油を週2回、1cc ピペットで3滴ずつ経口法で給与されたが、哺乳中の

Table 1. 飼料の配合組成
Combinations of nutritive materials in the feeds

配合物 Materials used for combination	配合飼料 Compounded diets	A	B	C	D	E	F	G
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
粗飼料 Roughage	ルーサン・ミール Alfalfa meal	40	46	60	70	78	88	100
濃厚飼料 Concentrated feeds	小麦粉 Wheat flour	30	20	20	8			
	澱粉 Starch	10	10	10	5			
	幼ヒナ用配合飼料 Complete diet for chicken	20	20	8	15		10	
	エンバク粉 Oat meal					20		
添加物 Additions	魚肉エキス Fish meal		2			2		
	α -トコフェロール (ビタミンE) (注) α -Tocopherol (vitamin E)		1	1	1		1	
	アスコルビン酸 (ビタミンC) Ascorbic acid (vitamin C)		1	1	1		1	
粗飼料率 Percentage of the roughage		40	46	60	70	78	88	100

(注) α -トコフェロール 8g/大豆油 500g
8 g of α -Tocopherol dissolved in 500 g bean oil.

仔には、まったく与えなかった。

幼体期における仔の生長は、週2回の測定値をもとに、3日齢、10日齢、15日齢、20日齢の体重が、補間法で決定された。出生直後の体重は、ほとんど測定することができなかった。

2) 結果と考察

(1) 飼料の配合組成との関係

エゾヤチネズミの雌の繁殖活動は、個体群の妊娠率、平均産仔数、平均初産日齢、平均分娩回数を指標にしてあらわすことができる。

KUWABATA¹⁰⁾ の報告によると、400日齢以上にわたって繁殖活動をつづける個体は、全体の、わずか数%にすぎないから、飼育条件のもとでの雌の繁殖活動をあらわすには、400日齢までの調査で十分であると考えられ、この考えにもとづいて、Table 2の繁殖活動が示されている。

Table 2によると、飼料G(粗飼料率、100%)の繁殖活動が、ほかの飼料にくらべて予想したほどわるくないことに気づく。妊娠率は50%で最低であるが、分娩回数と産仔数では、ほかの飼料とほとんど同じである。ただし、初産日齢では、飼料Gと飼料Eが、ほかの飼料にくらべて、もっとも遅い日齢で出産しているが、この平均値の95%信頼区間をみると、飼料Gでは、113.8日齢と、ひじょうに大きな値を示していることから、飼料Gによるエゾヤチネズミの性的成熟は、ほかの飼料とちがったものであることが推定できる。

Table 2. 400日齢までの母体の繁殖活動
Reproductive activity of the mother voles during 400 age in days

配合飼料 Compoundeds diets	交配数 Number of matings	妊娠率 % of the pregnancy	平均分娩回数 Mean number of births	平均産仔数 Mean litter sizes	平均初産日齢 Mean age of the first birth in days
A	8	62.5	4.0 ± 2.7	4.7 ± 0.8	95 ± 7.6
B	15	73.3	2.8 ± 2.1	5.3 ± 0.8	101 ± 20.0
C	15	53.3	4.4 ± 2.1	5.2 ± 0.5	142 ± 16.9
D	5	80.0	5.6 ± 2.4	3.2 ± 1.0	137 ± 43.9
E	20	70.0	3.2 ± 0.9	5.4 ± 0.6	172 ± 30.8
F	10	80.0	2.9 ± 1.0	4.9 ± 0.6	136 ± 23.6
G	10	50.0	4.0 ± 3.0	4.5 ± 0.8	164 ± 113.8
全 体 Pooled values	83	66.2	3.7 ± 0.6	5.0 ± 0.3	

Table 3. 分娩回数と産仔数との関係
Relation between the number of births and the litter sizes in mother voles

分娩回数 Number of births	1	2	3	4	5	6	7
平均産仔数 Mean litter sizes	5.1 ± 0.4	4.9 ± 0.5	5.1 ± 0.6	5.0 ± 0.7	4.9 ± 0.9	5.1 ± 1.6	4.0 ± 1.6

Table 4. 母体の日齢と産仔数との関係
Relation between the litter sizes and the ages of mother voles

母体の日齢 Age of mother voles	100日齢以下 100 age in days less than	101~200日齢 101~200 age in days	201~300日齢 201~300 age in days	301~400日齢 301~400 age in days	401~500日齢 401~500 age in days
平均産仔数 Mean litter sizes	4.6 ± 0.9	5.3 ± 0.5	5.3 ± 0.5	4.6 ± 0.6	5.1 ± 1.3

(2) 母体の日齢および分娩回数と産仔数との関係

母体の日齢と分娩回数が産仔数にどのように影響するかをみたのが、Table 3 と Table 4 である。

Table 3 では、分娩回数7回までの平均産仔数が示されているが、分娩回数による影響は、まったくみられなかった。

また、Table 4 では、母体の日齢が産仔数に影響をおよぼすかどうかをみたのであるが、ほとんど影響していない。

(3) 光室と暗室における繁殖活動の比較

光室と暗室における母体の繁殖活動を比較すると、Table 5 のような結果が得られた。

この表で、両者にちがいが無いのは、分娩回数と産仔数だけであるが、妊娠率、分娩日齢、母体の平均体重には、それぞれ相当のちがいが認められる。

分娩回数と産仔数に差がなく、妊娠率、分娩日齢、母体の平均体重に差がみられることの理由について考察すると、つぎのことが考えられる。

暗室における、いくらかの個体は妊娠しており、しかも、その個体の分娩回数と産仔数が、光室とほと

Table 5. 光室と暗室とにおける母体の繁殖活動の比較
 Comparison of the reproductive activity of mother voles under artificial
 light condition of L : D, 14 : 10 with that under complete darkness con-
 dition of L : D, 0 : 24 (L : D=light period : dark period in hours)

分娩回数 Number of births	区 分 Division 条 件 Conditionings	妊 娠 率 % of the pregnancy		平均分娩日齢 Mean age in days at the birth		平均産仔数 Mean litter size		母体の平均体重 Mean body weight of the mother's vole	
		光 Light	暗 Dark	光 Light	暗 Dark	光 Light	暗 Dark	光 Light	暗 Dark
1		82.7	42.9	129.2	200.1	4.9	4.4	44.3	39.1
2		73.1	37.1	170.7	273.9	5.0	5.1	47.8	41.2
3		65.4	25.7	215.9	286.6	5.2	5.9	50.8	44.1
4		46.2	22.8	257.6	321.5	5.5	5.0	52.8	44.1
5		32.7	17.1	300.7	373.2	5.3	5.5	52.7	48.2
6		21.2	17.1	354.1	408.2	4.6	6.0	52.2	48.0
7		17.3	11.4	363.4	392.3	4.1	3.5	50.9	45.0

んど差がないことから考えると、暗室の妊娠率の低下は、照明に影響されやすい個体と、そうでない個体とがあることを示している。

しかし、暗室において妊娠している個体であっても、初産の日齢は、光室の 129.2 日齢にたいして、暗室の 200.1 日齢というように、性的成熟に相当のおくれがある。また、母体の平均体重も、光室にくらべて約 5～6 g ほど小さくなり、暗室での生長の悪影響もみられる。

(4) 光室での幼体期の生長

まず、はじめに、エゾヤチネズミの幼体期をどのように定義するかが問題である。エゾヤチネズミの生長期には、質的に異なる 2 つの生活時期がある。その 1 つは、そのほとんどが母体の哺育による生活時期であり、もう 1 つは、母体の哺育からはなれた独立生活の時期とであるが、著者はこの母体の哺育のもとでの生活時期を幼体期と定義する。

白石²⁹⁾は、カヤネズミの生長期をやはり 2 つに区分した。すなわち、離乳して独立生活を営むまでを第 1 生長期、それ以後を第 2 生長期としたが、白石の第 1 生長期が、著者の幼体期に該当すると考えられる。

エゾヤチネズミの離乳は、13 日齢頃からはじまり、20 日齢までには完成する。飼育室においては、このとき、母体からはなして独立生活をさせると、死亡する個体がほとんどないことから、エゾヤチネズミの独立生活は 20 日齢以後とされ、出生から 20 日齢までは幼体期であるとされる。

Table 6 は、母体に与えた飼料ごとに幼体期の仔の生存率を示したものである。この表をみる限りでは、飼料間に、きわだった生存率のちがいがみられない。全部の飼料をまとめた平均生存率をみると、ひじょうに高く、幼体期がおわる 20 日齢においても、約 80% の生存率が示されている。

濃厚飼料の含有率が最も高い飼料 A の 20 日齢における生存率は、7 種の配合飼料のなかで最も低く、約 64% である。それにたいして、濃厚飼料がまったく含まれない飼料 G では、84% と、その生存率は、全体の平均よりも高くなっている。これは濃厚飼料の含有率が幼体期の仔の生存率に、なんの効果もないことを示している。

Table 7 は、幼体期の 4 つの時期——3 日齢、10 日齢、15 日齢、20 日齢の、それぞれの日齢における仔の平均体重を、母体に与えた飼料ごとに示したものである。

Table 6. 飼育室での幼体期の仔の生存率
Survival rates in four juvenile stages of the voles
in cage-reared vole in the laboratory

母体に与えた 配合飼料 Compounded diets for the mother voles	区 分 Division	出生数 Number of young at birth	3 日 齢 3 age in days	10 日 齢 10 age in days	15 日 齢 15 age in days	20 日 齢 20 age in days
			(%)	(%)	(%)	(%)
	A	93	98.6	90.3	78.5	64.5
	B	80	97.4	97.4	93.2	85.0
	C	173	92.1	80.4	76.9	71.1
	D	29	94.1	93.1	93.1	82.8
	E	200	97.5	97.5	95.5	94.0
	F	194	89.0	89.0	88.1	74.2
	G	58	95.8	94.8	87.9	84.5
全 体	Pooled values	827	94.9±3.1	91.8±5.4	87.6±6.6	79.4±9.0

Table 7. 母体の飼料条件と幼体期の仔の平均体重との関係
Relation between the mean body weight in four juvenile
stages and the compounded diets supplied to mother voles

母体に与えた 配合飼料 Compounded diets for the mother voles	日 齢 Age in days	3 日 齢 3 age in days	10 日 齢 10 age in days	15 日 齢 15 age in days	20 日 齢 20 age in days
		(g)	(g)	(g)	(g)
A		2.8±0.09	6.8±0.26	9.7±0.42	14.0±0.65
B		3.1±0.20	7.2±0.29	10.4±0.44	13.7±0.64
C		3.0±0.10	6.6±0.24	9.6±0.38	12.9±0.59
D		3.1±0.26	6.6±0.35	9.2±0.56	12.8±0.75
E		3.2±0.10	6.6±0.13	9.3±0.21	13.1±0.29
F		3.2±0.09	6.7±0.17	9.4±0.25	13.0±0.41
G		2.9±0.21	6.2±0.23*	8.1±0.34*	11.0±0.50*

* 信頼率 95% で有意差あり

Significant difference is denoted among the compounded diets supplied the mother voles with 95% confidence limits.

この表によると、濃厚飼料を含有する飼料A, B, C, D, E, Fの飼料間には、幼体期の4つの時期のすべてにおいて、それらの平均体重には統計的有意差が認められなかったが、これら6種の飼料をまとめた平均体重と、飼料Gの平均体重との間には、3日齢を除くすべての日齢で、統計的有意差が認められた。

Fig. 1 は、濃厚飼料を含んだ6種の配合飼料と、濃厚飼料を含まない飼料Gとの間の、仔の生長を比較したものであるが、この図からわかるように、濃厚飼料を含んだ飼料では、出生から15日齢までは直線的に生長するが、離乳が完成する20日齢までの間には、固形物の摂食が日ごとに増加するため、その生長率は、さらに大きくなっている。

しかし、飼料Gでは、10日齢から15日齢までの生長率は低下している。これは、ちょうど離乳まえの最大哺乳量を必要とする時期であるので、飼料Gのような濃厚飼料をまったく含まない粗飼料だけの飼料

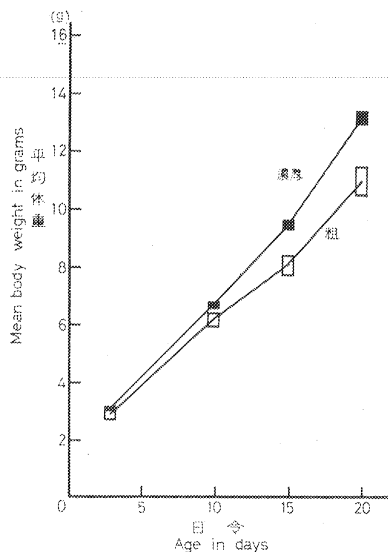


Fig. 1 幼体期における仔の生長
Growth in body weight of voles during juvenile stage from birth to 20 age in days.

黒：配合飼料，白：粗飼料
Black : Compounded diets.
White : Roughage.

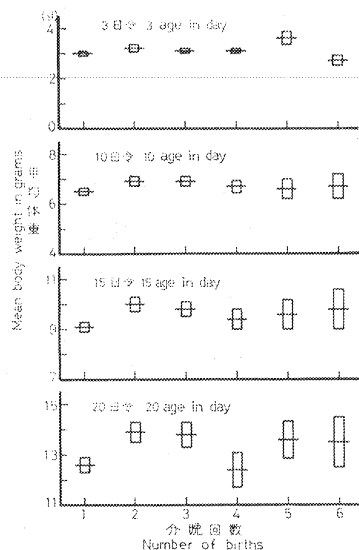


Fig. 2 分娩回数と幼体期における仔の生長との関係

Relation between the mean body weight of voles during juvenile stage and the number of births of mother voles in the compounded diets.

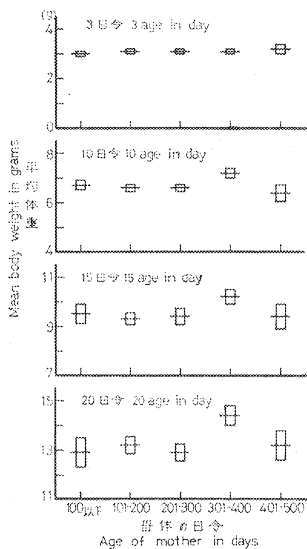


Fig. 3 母体の日齢と幼体期における仔の生長との関係
Relation between the mean body weight of voles during juvenile stage and the age of mother voles in days in the compounded diets.

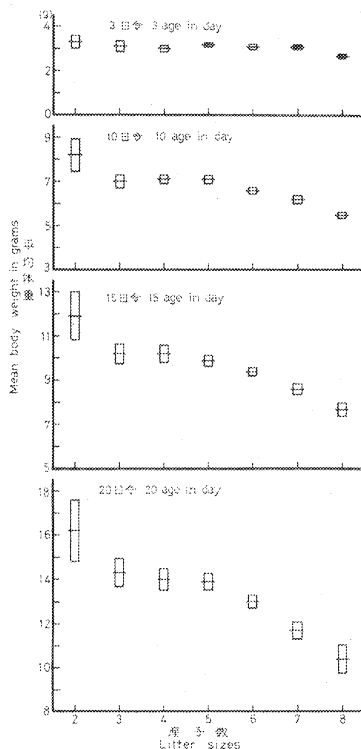


Fig. 4 産子数と幼体期における仔の生長との関係
Relation between the mean body weight of voles during juvenile stage and the litter sizes in the compounded diets.

では、十分な哺乳ができないことを示したものと考えられる。このことは、15日齢から20日齢までの生長率が、これを、はっきりと裏づけしている。

このほか幼体期の仔の生長に影響する条件として、母体の日齢や分娩回数が考えられる。Fig. 2は、飼料Gを除いた6種の飼料の分娩回数と仔の平均体重との関係をみたものであり、Fig. 3は、Fig. 2とおなじ資料で、母体の日齢と仔の平均体重との関係をみたものであるが、明らかな関係はみられなかった。

おなじように、飼料Gを除く6種の飼料について、産仔数と、その仔の生長との関係をみると、Fig. 4のようになり、3日齢では、産仔数の影響は平均体重にあらわれていない。しかし、日齢以後になると、産仔数がおおくなるにつれ、平均体重は小さくなる。そして、日齢が進むにつれて、その差がますます大きくなる傾向がみられる。

エゾヤチネズミの乳頭数は8個であるのに⁹⁾、仔の平均体重は、産仔数6頭から減少しはじめるのは、乳頭数と産仔数との間のちがいによるものではなく、哺乳量の絶対的不足によるものと考えられる。

3) ま と め

春仔の繁殖活動に影響する要因として日長と食物が考えられたので、これらの要因について飼育実験をおこなった。1日の照明時間を14時間（光室）と0時間（暗室）に設定した飼育室で、それぞれ母体の繁殖活動をしらべた。その結果、暗室での妊娠率は光室にくらべて著しく低下した。

また、濃厚飼料の含有率をかえた7種の配合飼料をつかって、母体の繁殖活動をしらべたが、暗室における母体の繁殖活動がひじょうにわるく、そのため光室における母体の繁殖活動だけが分析の対象になった。その結果、母体の繁殖活動、とくに、幼体期の仔の生長にたいして濃厚飼料が重要な働きをしていることが明らかになった。また、このほか、1腹の仔の数が6頭以上になると、幼体期の仔の生長がわるくなることもわかった。

II 生長に影響する飼料の配合組成

この実験は、春仔の生長と発育の仕方に影響する要因分析の一環としておこなったものである。春仔の生長と発育の仕方に影響する要因は、おもに食物と生息密度が考えられるが、この実験では、食物を第1の要因として取りあげた。

実験：I 粗飼料と濃厚飼料との配合組成

1) 実験材料と方法

実験材料は、前述したように、恒温、恒湿飼育室で20世代以上も繁殖をくりかえした、closed colonyの個体を使用した。

飼育実験の条件は、恒温（18～20℃）、恒湿（60～80%）飼育室で、1日14時間の長日照明のもとで実験をおこなった。飼料は、Table 1に示した、A、B、C、D、E、F、Gの7種のうち、飼料Eを除く6種の飼料を実験に使用し、幼体期に母体に与えた飼料と同じ飼料を、そのまま実験個体にも与えた。

実験開始時の20日齢における実験個体の平均体重は、Table 8のとおりである。実験個体の体重は、毎週1回測定され、それをもとに、30日齢、40日齢、50日齢、67日齢、70日齢の、各日齢の体重を補間法で算出した。また、飼料の摂食量は、2日ごとに給餌量から残量を差引いたものとした。

70日齢に達したエゾヤチネズミは、殺して体重と体長を測定したあと、開腹して生殖器官を取りだし、10%ホルマリン液で固定し、トーションバランス（最小秤量0.5mg）で湿重量を測定した。

Table 8. 20 日 齢 における 実験 個 体 の 平 均 体 重
Mean body weight of experimental voles at 20 age in days

母体に与えた配合飼料 Compounded diets for the mother voles	性 別 Sex 区 分 Division	雄 Male		雌 Female	
		個体数 Number	平 均 体 重 Mean body weight (g)	個体数 Number	平 均 体 重 Mean body weight (g)
A		17	15.5 ± 1.19	12	14.1 ± 1.05
B		25	14.2 ± 1.05	27	13.8 ± 0.75
C		27	14.0 ± 0.99	41	13.7 ± 0.95
D		23	13.1 ± 0.74	19	13.6 ± 1.10
F		33	13.8 ± 0.79	44	13.2 ± 0.59
G		14	11.3 ± 1.00	19	11.0 ± 0.63

資料の分析には、つぎの方法をもちいた。

エゾヤチネズミの生長を分析するとき、実験開始時における実験個体の体重が、産仔数の影響を受けて不均質になっているので、この問題を解決するために直線回帰を適用した²⁶⁾。

飼育実験は、20 日齢からはじまり、70 日齢でおわるので、20 日齢の体重をもとにして、20 日齢以後の体重増加量を算出し、20 日齢の体重と体重増加量との直線回帰を、各日齢ごとに計算した。

エゾヤチネズミの雄の繁殖活動の分析には、体重と睪丸重量、睪丸重量と貯精のう重量との、2 つの相対生長によって雄の性的成熟過程の繁殖活動を分析した。雌については、体重と子宮重量との相対生長によって、未産個体の繁殖活動を分析した¹³⁾。

直線回帰や相対生長の統計的分析は、共分散分析によっておこなった。

2. 結 果 と 考 察

(1) 飼料の配合組成と体重増加量との関係

(1)-1 雄について

Table 9 には、雄の 20 日齢時の各個体の体重 (X) と、それ以後の体重増加量 (Y) との回帰係数が

Table 9. 20 日 齢 の 体 重 と、それ以後の体重増加量との回帰係数—(雄)
Regression coefficient between the body weight of 20 age in days and
the gain in body weight after 20 age in days in male voles

実験個体に与えた配合飼料 Compounded diets for the experimental voles	日 齢 Age in days	回 帰 係 数 Regression coefficient				
		30 日 齢 30 age in days	40 日 齢 40 age in days	50 日 齢 50 age in days	60 日 齢 60 age in days	70 日 齢 70 age in days
A		0.742*	0.793*	0.558*	0.706*	0.001
B		— 0.177	0.119	— 0.111	— 0.285	0.092
C		— 0.104	— 0.368	— 0.075	— 0.079	— 0.150
D		0.286	0.306	— 0.153	— 0.489	— 0.494
F		0.161	0.007	0.243	0.318	0.522
G		— 0.455*	— 0.564*	— 0.929*	— 1.073*	— 1.000

* 信頼率 95% で回帰係数が存在する。

Regression coefficient is in existence with 95% confidence limits.

示されている。この表に示された回帰係数は、おおきく3つに区分することができる。

第1は、飼料Aである。これは、30日齢から70日齢まで、すべてプラスの回帰係数を示し、20日齢時に体重の重いものほど、それ以後の体重増加量も大きいことを意味している。

第2は、飼料Gである。これは、飼料Aとは、まったく逆で、すべてマイナスの回帰係数を示し、20日齢時に体重の重いものほど、それ以後の体重増加量が小さいことを示している。

第3は、残りの飼料であるが、これらの回帰係数は、すべて有意義でない。すなわち、20日齢時における体重のばらつきは、それ以後の体重増加量に関係しないことを示している。

回帰係数に一定の傾向が認められる飼料Aと飼料Gの生長についての回帰式は、つぎのようになった。

飼料Aの回帰式は、

$$\left. \begin{array}{l} 30 \text{ 日 齢 : } y = 0.742x - 1.851 \\ 40 \text{ 日 齢 : } y = 0.793x + 2.158 \\ 50 \text{ 日 齢 : } y = 0.558x + 10.351 \\ 60 \text{ 日 齢 : } y = 0.706x + 11.383 \end{array} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

飼料Gの回帰式は、

$$\left. \begin{array}{l} 30 \text{ 日 齢 : } y = -0.455x + 13.010 \\ 40 \text{ 日 齢 : } y = -0.564x + 20.018 \\ 50 \text{ 日 齢 : } y = -0.929x + 27.093 \\ 60 \text{ 日 齢 : } y = -1.073x + 31.399 \\ 70 \text{ 日 齢 : } y = -x + 31.300 \end{array} \right\} \dots\dots\dots (2)$$

ただし、 y は平均体重増加量、 x は20日齢時の体重。

以上のように、実験個体の体重増加量からみた生長は、粗飼料と濃厚飼料の配合組成によって、3つの傾向が示された。すなわち、20日齢時の体重と、その後の体重増加量との相関関係において、プラスの回帰係数を示した飼料Aは、粗飼料率が最もすくなく、60%の濃厚飼料を含んでいるのが特長であり、マイナスの回帰係数を示した飼料Gは、濃厚飼料をまったく含まない、粗飼料率100%の飼料である。なんら相関関係を示さなかった、B、C、D、Fの飼料には、濃厚飼料が10%から50%まで含まれているが、

Table 10. 20日齢の体重をもとにして、それ以後の雄の平均体重増加量
Mean gain in body weight after 20 age in days, on the basis
of body weight at 20 age in days in male voles

区分 Di- vision	実験個体に与えた飼料 Compounded diets for the experimental voles	日 齢 Age in days	30 日 齢 30 age in days	40 日 齢 40 age in days	50 日 齢 50 age in days	60 日 齢 60 age in days	70 日 齢 70 age in days
I	A		9.7±2.3 ^(g)	14.5±2.5 ^(g)	19.0±2.2 ^(g)	22.5±2.5 ^(g)	25.7±2.4 ^(g)
II	G		7.6±1.1	13.3±1.0	16.5±1.4	19.2±1.7	19.9±1.8
III	B		9.0±1.0	15.9±1.3	20.7±1.8	23.7±1.7	25.1±1.9
	C		9.3±0.7	14.0±0.9	16.3±1.3	18.7±1.5	20.4±1.5
	D		8.7±1.0	13.6±0.9	16.3±1.4	19.8±1.7	20.6±2.2
	F		8.0±0.6	14.7±1.1	17.8±1.3	19.6±1.2	21.6±1.4

生長の面では、ほとんどおなじ状態を示したことが注目される。

Table 10 は、エゾヤチネズミの雄の平均体重増加量を示したものである。前述の区分Ⅰと区分Ⅱは、回帰係数がプラスとマイナスで、まったくちがうから、これらの平均体重増加量を共分散分析で比較することはできないが、日齢ごとに平均体重増加量をみると、両者に明らかなちがいがあるのは、70日齢だけであり、これ以外の日齢では、平均体重増加量に明らかなちがいは認められない。

飼料Aと飼料Gの栄養的特性は、まったくちがったものであるにもかかわらず、幼体期以後における実験個体の平均体重増加量が、ほとんどおなじような値になっていることは、とくに注目される問題である。

Fig. 5 は、飼料Aと飼料Gの生長曲線を示したものである。この図によると、両者の生長曲線は明らかにちがなれ、飼料Gの生長が飼料Aより劣っていることがわかる。しかし、この両者の差は、幼体期以後の独立生活のなかで、おもに生じたものでなく、幼体期の生長差によるものであった。つまり、エゾヤチネズミの雄の生長に濃厚飼料が大きく影響するのは、幼体期であって、独立生活期のなかでは、それほど大きな影響をうけないことがわかる。

区分Ⅲにおける4つの飼料——B, C, D, Fの平均体重増加量を比較すると、つぎのようになった。

30日齢の平均体重増加量では、飼料間に有意な差は認められなかったが、40日齢、50日齢、60日齢の、それぞれについては、飼料Bと飼料C, Dとの間に、また、70日齢では、飼料Bと、他の3つの飼料との間に有意な差が認められた。

以上の結果をまとめて飼料Bと飼料C, D, Fを代表して飼料Cとの生長曲線を、Fig. 6 に示す。また、C, D, Fの3つの飼料と、飼料Gとを比較するとこれらの間の平均体重増加量には、明らかなちがいが認められなかった。

これまでの結果を総括すると、幼体期以後の独立生活期のなかでのエゾヤチネズミの雄の生長は、濃厚

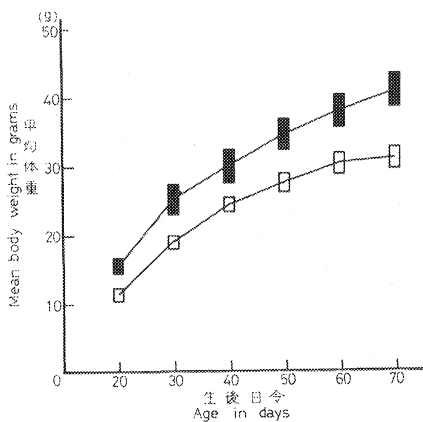


Fig. 5 飼料Aと飼料Gにおける雄の生長

Comparison of growth in body weight of voles in the compounded diet A with that in the diet G (roughage) in male voles.

Black : Diet A. White : Diet G.

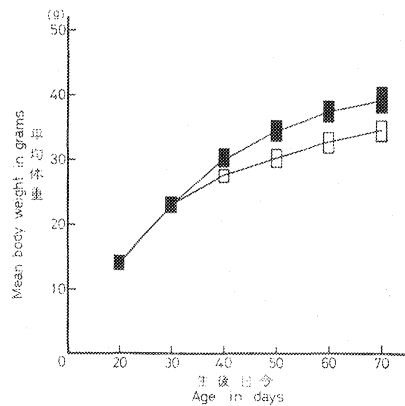


Fig. 6 飼料Bと飼料Cにおける雄の生長

Comparison of growth in body weight of voles in the compounded diet B with that in the compounded diet C in male voles.

Black : Diet B. White : Diet C.

飼料の含有率が 40% 以下の飼料では、平均体重増加量にちがいがなく、粗飼料率 100% の飼料 G と、ほとんど同じような値を示しているが、濃厚飼料の含有率が 50% の飼料 B との間にだけ、40 日齢以後にちがいが認められた。

(1)-2 雌について

Table 11 は、雌の 20 日齢時の各個体の体重とそれ以後の体重増加量との回帰係数を示したものである。この表をみると、どの飼料の回帰係数も、ほとんどの日齢でマイナスになっている。これは、Table 9 に示した雄の回帰係数とくらべて大きく異なる。

Table 11 に示された回帰係数を統計的に検定すると、飼料 A についての、すべての回帰係数だけが有意義であり、他は有意義でなかった。すなわち、ここでは、飼料 A のように、20 日齢時の体重の重いもののほど、その後の体重増加量が少ないという生長の仕方と、20 日齢時の体重と、その後の体重増加量とが無関係な生長の仕方との、2 つの傾向がみられる。

飼料 A において、20 日齢時の体重をもとに、20 日齢以後の各日齢の平均体重増加量は、つぎの回帰式から計算される。

$$\left. \begin{aligned} 30 \text{ 日 齢} : y &= -1.061x + 22.326 \\ 40 \text{ 日 齢} : y &= -0.927x + 25.132 \\ 50 \text{ 日 齢} : y &= -1.569x + 36.921 \\ 60 \text{ 日 齢} : y &= -1.919x + 43.899 \\ 70 \text{ 日 齢} : y &= -1.869x + 43.783 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3)$$

ただし、 y は平均体重増加量、 x は 20 日齢時の体重。

Table 12 は、雌における 20 日齢以後の各日齢の平均体重増加量を、飼料ごとに示したものである。区分 II の 5 種の飼料、B、C、D、F、G の平均体重増加量を比較すると、飼料 D の 40 日齢と 70 日齢の平均体重増加量が、ほかの 4 種の飼料にくらべて明らかに低い値を示したが、これら以外では、統計的有意差はなかった。

以上のことから、この実験で使用した各種の飼料による平均体重増加量には、明らかな差はみられず、

Table 11. 20 日齢の体重と、それ以後の平均体重増加量との回帰係数一(雌)
Regression coefficient between the body weight at 20 age in days and
the gain in body weight after 20 age in days in female voles

実験個体に与えた配合飼料 Compounded diets for the experimental voles	日 齢 Age in days	回 帰 係 数 Regression coefficient				
		30 日 齢 30 age in days	40 日 齢 40 age in days	50 日 齢 50 age in days	60 日 齢 60 age in days	70 日 齢 70 age in days
A		- 1.061*	- 0.927*	- 1.569*	- 1.919*	- 1.869*
B		- 0.628	- 0.483	- 0.306	- 0.145	- 0.213
C		- 0.014	- 0.099	- 0.075	- 0.041	0.145
D		- 0.293	- 0.430	- 0.411	- 0.410	- 0.435
F		- 0.094	0.057	- 0.114	- 0.290	- 0.270
G		0.015	- 0.215	- 0.466	- 0.332	- 0.301

* 信頼区間 95% で回帰係数が存在する。

Regression coefficient is in existence with 95% confidence limits.

Table 12. 20日齢の体重をもとにして、それ以後の雌の平均体重増加量
Mean gain in body weight after 20 age in days, on the basis
of body weight at 20 age in days in female voles

区分 Di- vision	実験個体に与えた飼料 Compounded diets for the experimental voles	日 齢 Age in days	30 日 齢 30 age in days	40 日 齢 40 age in days	50 日 齢 50 age in days	60 日 齢 60 age in days	70 日 齢 70 age in days
I	A		7.1±0.9 (g)	12.1±1.3 (g)	14.8±1.3 (g)	15.5±2.5 (g)	17.2±2.3 (g)
II	B		8.7±0.7	13.8±1.0	15.5±1.4	16.4±1.2	18.2±1.5
	C		7.9±0.6	12.7±0.8	14.5±1.2	16.0±1.4	16.5±1.4
	D		7.2±0.9	11.2±1.0	13.6±1.1	14.7±1.4	14.9±1.5
	F		7.5±0.5	13.1±0.7	14.7±0.8	16.7±1.0	18.0±1.1
	G		7.3±0.7	12.5±0.9	15.9±1.2	17.6±1.3	18.5±1.2

濃厚飼料の含有率が、雌の生長にほとんど影響していないことが明らかになった。

(2) 飼料の配合組成と繁殖活動との関係

(2)-1 雄について

エゾヤチネズミの雄の繁殖活動は、睪丸と貯精のうとの生長によって、いくつかの段階に区分することができるが、幼若状態と春機発動との区分には、睪丸重量 200 mg を、その基準としてきた¹³⁾。

Fig. 7 には、70 日齢における飼料別の睪丸重量分布が示されている。濃厚飼料の含有率が 40% 以下の飼料では、春機発動の目安となる睪丸重量、20 mg 以下の頻度が、C→D→F の順に増加し、飼料 D、F では、飼料 G より、その頻度が明らかにおおくなっている。

これらの事実、濃厚飼料を少しでも含有した飼料は、粗飼料だけの飼料より、エゾヤチネズミの繁殖活動を促進できるという考えを否定するものである。

つぎに、睪丸重量、200 mg 以上の性的成熟過程の個体の体重と睪丸重量との相対生長は、つぎの式であらわすことができる。

$$\log y = 0.691 \log x + 1.5253 \dots\dots\dots (4)$$

ただし、 $\log y$ は睪丸重量、 $\log x$ は体重。

相対生長係数、0.691 は、検定の結果、有意義であることがわかった。この結果、性的成熟過程のエゾヤチネズミでは、体重の大きい個体ほど睪丸重量が大きくなるという相対生長の関係がみられる。

したがって、共分散分析をつかって、飼料間の平均睪丸重量を比較すると、Table 13 の結果がえられ、それぞれの飼料の修正平均睪丸重量間には、統計的有意差は認められなかった。

このように、性的成熟過程に達したエゾヤチネズミの雄においては、体重と睪丸重量との相対生長から、飼料による繁殖活動のちがいを分析することができないので、雄の性的成熟度を決定する貯精

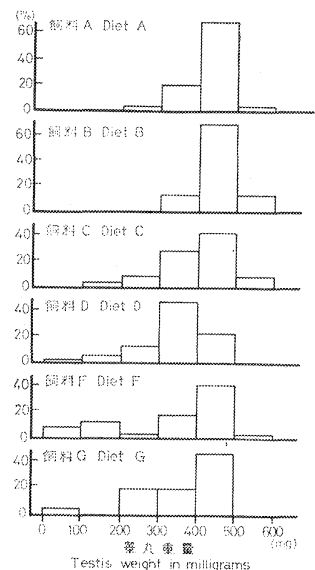


Fig. 7 70日齢における飼料別の睪丸重量分布
Distribution of the testis weight in various compounded diets at 70 age in days.

Table 13. 70 日 齡 の 修 正 平 均 辜 丸 重 量

Adjusted means of testis weight of the voles attained to a stage of sexual maturation (testis weight more than 200 mg) at 70 age in days

実験個体に与えた配合飼料 Compounded diets for the experimental voles	平 均 体 重 Mean body weight (log)	平均 辜 丸 重 量 Mean testis weight (log)	修正平均辜丸重量 Adjusted means of testis weight (log)
A	1.6098	2.6200	2.5789
B	1.5906	2.6208	2.5930
C	1.5204	2.6013	2.6220
D	1.5355	2.5769	2.5871
F	1.5212	2.6148	2.6349
G	1.5014	2.5465	2.5803
全 体 Pooled values	1.5503	2.5966	2.5966 ± 0.02

Table 14. 70日齡の辜丸重量と貯精のう重量との相対生長係数

Relative growth coefficient between the testis weight and the seminal vesicle weight of the voles attained to a stage of sexual maturation (testis weight more than 200 mg) at 70 age in days.

実験個体に与えた配合飼料 Compounded diets for the experimental voles	個 体 数 Number	相 対 生 長 係 数 Relative growth coefficients
A	24	0.168
B	23	2.267
C	19	1.627
D	22	2.363
F	15	2.642
G	21	2.394

Table 15. 共分散分析表一雄の性的成熟度と5種の飼料との関係

Analysis of covariance. Relation between five sort of compounded diets and intensity of reproduction in male voles attained to a stage of sexual maturation (testis weight more than 200 mg) at 70 age in days.

	相対生長係数 Relative growth coefficients	回 帰 か ら の 偏 差 Deviations from regression		
		自 由 度 Degrees of freedom (f)	平 方 和 Sum of squares	平 均 平 方 Mean square
組 内 Within		90	3.8193	0.0424
相 対 生 長 係 数 Relative growth coefficients		4	0.0820	0.0205
共 通 Common	2.229	94	3.9013	0.0415
修 正 平 均 Adjusted means		4	0.9499	0.2375**
全 体 Total		98	4.8512	

** Significant difference is denoted among the adjusted means of seminal vesicle weight with 99% confidence limits.

のう重量の変化から、飼料による繁殖活動のちがいを分析してみようことを考えた。

まず、飼料ごとに、睪丸重量と貯精のう重量との相対生長をもとめたあと、共分散分析によって、各飼料の平均貯精のう重量を比較した。

Table 14 は、睪丸重量と貯精のう重量との相対生長係数を示したものであるが、この表によると、飼料Aの相対生長係数、0.168は有意義ではないから、これを、ほかの係数と区別して取りあつかった。

まず、5種の飼料、B、C、D、F、Gについて、共分散分析をおこなったところ、それぞれの飼料の修正平均貯精のう重量間に有意な差が認められた。また、5種の飼料の共通の相対生長係数は、2.229となり、統計的に有意義であった (Table 15)。

5種の飼料の共通の相対生長式はつぎのようになった。

$$\log y = 2.229 \log x - 3.6374 \quad \dots\dots\dots (5)$$

ただし、 $\log y$ は貯精のう重量、 $\log x$ は睪丸重量。

Table 16 には、70日齢における修正平均貯精のう重量が示された。共分散分析の結果、Table 15 のように、各飼料の修正平均貯精のう重量間に有意な差が認められたので、式 (6) によって、それぞれの修正平均貯精のう重量を比較したところ、3つに区分することができた。すなわち、修正平均貯精のう重量が、もっとも大きい飼料Bと、もっとも小さい飼料G、そして中間の飼料C、D、Fである。

$$SD^2 = S^2_{y \cdot x} \left[\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} + \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)^2}{\sum x^2_E} \right]^{(26)} \quad \dots\dots\dots (6)$$

飼料Bの相対生長式は、

$$\log y = 2.229 \log x - 3.4998 \quad \dots\dots\dots (7)$$

飼料Gの相対生長式は、

$$\log y = 2.229 \log x - 3.7980 \quad \dots\dots\dots (8)$$

飼料C、D、Fの相対生長式は、式 (5) であらわされる。

ただし、 $\log y$ は貯精のう重量、 $\log x$ は睪丸重量。

これら、3つの相対生長式は、貯精のう重量による性的成熟度のちがいを示したものである。飼料Bの貯精のう重量は、性的成熟度がもっとも進んでおり、飼料Gは、もっともおくれている。飼育実験の条件は、飼料の配合組成以外は、すべて同じになっているから、これらの性的成熟度のちがいは、濃厚飼料の

Table 16. 70日齢の修正平均貯精のう重量
Adjusted means of seminal vesicle weight in male voles
attained to a stage of sexual maturation (testis weight
more than 200 mg) at 70 age in days

実験個体に与えた配合飼料 Compounded diets for the experimental voles	平均睪丸重量 Mean testis weight (log)	平均貯精のう重量 Mean seminal vesicle weight (log)	修正平均貯精のう重量 Adjusted means of seminal vesicle weight (log)
B	2.6208	2.3420	2.2754 ± 0.0550
C	2.6013	2.1477	2.1245 ± 0.1261
D	2.5769	2.1397	2.1709 ± 0.0907
F	2.6148	2.1723	2.1190 ± 0.1006
G	2.5465	1.8781	1.9771 ± 0.1064
全体 Pooled values	2.5909	2.1377	2.1377 ± 0.0400

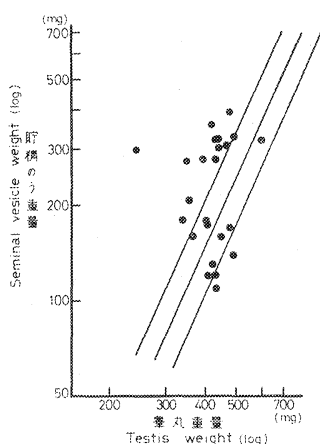


Fig. 8 70日齢における飼料Aの睪丸重量と貯精のう重量との相対生長
Relative growth between the testis weight and the seminal vesicle weight in individuals attained a stage of sexual maturation at 70 age in days, in the compounded diet A. Upper allometry; diet B, Middle allometry; diets C and D, Lower allometry; diet G (roughage).

含有率におおきく依存しているものと結論づけることができる。

ところで、飼料Aの相対生長係数が、0.168となり、この係数が有意義でなかった理由を Fig. 8 から検討してみよう。

Fig. 8 のなかの3つの直線は、前述した3つの相対生長式(式(5)、式(7)、式(8))である。横軸に睪丸重量、縦軸に貯精のう重量をとって、飼料Aの資料をプロットすると、睪丸重量はおなじでありながら、貯精のう重量がひじょうによく発達した個体と、そうでない個体とがあることがわかる。貯精のう重量がよく発達した個体は、性的成熟度がもっとも進んだ相対生長式(7)よりも、さらに進んだところにプロットされているので、飼料Bより性的成熟度が進んでいることになり、ひじょうに早熟であることを示している。しかし、貯精のう重量の発達のわるい個体は、もっともおくれた相対生長式(8)とほぼ一致するので、飼料Gの貯精のう重量に相当するものである。

つまり、飼料Aにおけるエゾヤチネズミの貯精のう重量の分布から、2つの傾向を抽出することができた。その1つは、飼料Aに含まれている60%の濃厚飼料によって、性的成熟度を促進することができる個体と、もう1つは、飼料Aに含まれている濃厚飼料を摂食しても、この濃厚飼料で性的成熟度を促進させることができなく、粗飼料、100%の飼料Gとおなじ性的成熟度にしかならない個体とである。濃厚飼料の含有率が増加すると、貯精のう重量の個体変異に、なぜ、このような2つの傾向があらわれるのかは、ひじょうに注目される問題である。

(2)-2 雌について

未産個体の繁殖活動は、雄よりも単純に分析することができる。すなわち、体重と子宮重量との相対生長をもとめ、そのあとで共分散分析をつかって、飼料間の繁殖活動を比較した。

Table 17 には、70日齢における体重と子宮重量との相対生長係数が示されている。相対生長係数は、飼料によって、かなり大きく変動しているにもかかわらず、共分散分析の結果では、これらの係数は、すべて平行であることが明らかになった。また、修正平均子宮重量は、飼料間に有意な差が認められ、6種の飼料の共通の相対生長係数、0.941は、統計的に有意義であった(Table 18)。

体重と子宮重量との共通の相対生長式は、

$$\log y = 0.941 \log x + 0.1351 \dots \dots \dots (9)$$

となる。ただし、 $\log y$ は子宮重量、 $\log x$ は体重。

Table 17. 70日齢の体重と子宮重量との相対生長係数

Relative growth coefficient between the body weight and the uterus weight in female voles at 70 age in days

実験個体に与えた配合飼料 Compounded diets for the experimental voles	個 体 数 Number	相 対 生 長 係 数 Relative growth coefficients
A	15	0.330
B	25	1.450
C	24	0.558
D	21	1.609
F	18	1.750
G	24	0.385

Table 18. 共分散分析表—6種の飼料と雌の繁殖活動との関係

Analysis of covariance. Relation between six sort of compounded diets and intensity of reproduction in female voles at 70 age in days

	相対生長係数 Relative growth coefficients	回 帰 か ら の 偏 差 Deviations from regression		
		自 由 度 Degrees of freedom (f)	平 方 和 Sum of squares	平 均 平 方 Mean square
組 内 Within		115	6.7865	0.0590
相 対 生 長 係 数 Relative growth coefficients		5	0.1246	0.0249
共 通 Common	0.941	120	6.9111	0.0576
修 正 平 均 Adjusted means		5	3.7460	0.7492**
全 体 Total		125	10.6571	

** Significant difference is denoted among the adjusted means of uterus weight with 99% confidence limits.

Table 19. 70日齢の修正平均子宮重量

Adjusted means of uterus weight in female voles at age in days

実験個体に与えた配合飼料 Compounded diets for the experimental voles	平 均 体 重 Mean body weight (log)	平 均 子 宮 重 量 Mean uterus weight (log)	修正平均子宮重量 Adjusted means of uterus weight (log)
A	1.4961	1.7253	1.6943 ± 0.1270
B	1.4808	1.7766	1.7600 ± 0.1092
C	1.4507	1.5178	1.5296 ± 0.1275
D	1.4458	1.4436	1.4600 ± 0.0955
F	1.4708	1.4056	1.3984 ± 0.1211
G	1.4464	1.2368	1.2526 ± 0.0747
全 体 Pooled values	1.4632	1.5120	1.5120 ± 0.0448

Table 19 は、70 日齢の修正平均子宮重量を飼料ごとに示したものである。各飼料の修正平均子宮重量間の比較には、式 (6) がつかわれた。この結果、飼料 B は、飼料 A との間に有意な差はないが、飼料 A 以外の、ほかの飼料との間に有意な差が認められた。また、飼料 C, D, F の間には、有意な差はないが、飼料 C, D と、飼料 G との間に有意な差が認められた。しかし、飼料 F と飼料 G との間には、有意な差は認められなかった。

以上の結果から、修正平均子宮重量は、つぎの 3 つに区分することができる。すなわち、第 1 は、飼料 A, B, 第 2 は、飼料 C, D, 第 3 は、飼料 G となる。これらの関係を相対生長式であらわすと、つぎのようになった。

飼料 A, B の相対生長式は、

$$\log y = 0.941 \log x + 0.3832 \dots\dots\dots(10)$$

飼料 C, D の相対生長式は、式 (9) となり、飼料 G の相対生長式は、

$$\log y = 0.941 \log x - 0.1243 \dots\dots\dots(11)$$

となる。ただし、 $\log y$ は子宮重量、 $\log x$ は体重。

このように、体重と子宮重量との相対生長式は、修正平均子宮重量の 3 つの区分にしたがって示すことができるが、各飼料の雌の平均体重には、あまりはっきりしたちがいがみられないことから、体重と子宮重量との相対生長を無視して子宮重量の分布を示すと、Fig. 9 のようになった。

子宮重量が 40 mg までは性的未成熟、60 mg 以上が性的成熟（妊娠可能）であるとする、飼料 A, B の子宮重量は、性的未成熟から性的成熟まで分布している。飼料 C, D の子宮重量も、飼料 A, B とおなじように、性的未成熟から性的成熟まで分布しているが、性的未成熟の頻度が高く、性的成熟の頻度が低くなっている点で、飼料 A, B の分布とちがっている。飼料 G の子宮重量の分布は、性的未成熟の頻度が圧倒的に高く、性的成熟の頻度がまったくみられないことが、前 2 者の分布とちがっている。

このように、Fig. 9 に示した子宮重量の分布にはそれぞれの飼料による特長をみることができるが、ここで問題にしなければならないことは、飼料の濃厚飼料含有率が増加すると、子宮重量の個体変更が大きい

くなるという現象である。これは、ちょうど飼料 A による雄の貯精のう重量でみられた現象によくにている点で注目される問題である。

(3) 飼料の摂食量

飼育実験でつかった飼料の栄養的特性は、Table 20 に示すとおりである。粗飼料率とは、飼料中のルーサン粉末の含有率のことであり、40% から 100% までの配合飼料がつくられた。

可消化養分総量率と可消化粗蛋白質率は、エゾヤチネズミの消化率試験から決定されたものでなく、それぞれの飼料の配合組成をもとに、牛にたいする飼料分析表から計算されたもので、1 つの栄養的指標を示したものにすぎない。

飼料の可消化養分総量率は、粗飼料率と逆の関係になっている。粗飼料率が減り、濃厚飼料率が増加すると、可消化養分総量率もまた増加するという関係にある。

可消化粗蛋白質率は、12~13% の範囲を目標にして飼料の配合をお

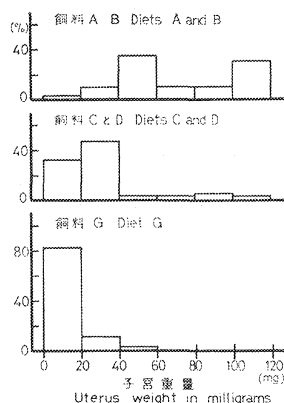


Fig. 9 70 日齢における子宮重量の分布
Distribution of the uterus weights in various compounded diets at 70 age in days.

Table 20. 実験 I で使用した配合飼料の栄養的特長
Nutritive characteristics of the compounded diets used in the experiments-I
in cage-reared voles

配合飼料 Compounded diets	粗飼料率 % of roughage	可消化養分総量率 % of total digestible nutrient	可消化粗蛋白質率 % of digestible crude protein	栄養率 Nutritive ratio
A	40(%)	66.0(%)	12.1(%)	4.5(%)
B	46	64.8	13.0	3.4
C	60	63.0	11.0	4.6
D	70	60.3	12.7	3.7
F	88	56.6	13.2	3.3
G	100	53.9	12.7	3.2

Table 21. 食物の平均摂食量 (g/頭/日:乾重)

Mean intake of the compounded diets in cage-reared voles under automatically regulated conditions; temperature 18~20°C, relative humidity 60~80%, lighting on for 14 hours per day. (Dry weight; g/animal/day)

配合飼料 Com- pounded diets	日 齢 Age in days		20	30	40	50	60	70
	性 別 Sex							
A	♂ Male		3.5±0.2	4.8±0.2	5.5±0.3	6.3±0.3	6.2±0.4	6.6±0.4
	♀ Female		3.9±0.3	4.6±0.3	5.0±0.8	5.4±0.4	5.4±0.5	6.0±0.6
B	♂ Male		4.8±0.5	5.4±0.3	6.0±0.4	6.5±0.3	6.7±0.3	7.1±0.4
	♀ Female		5.0±0.5	5.6±0.3	6.2±0.3	6.0±0.3	6.2±0.3	6.5±0.4
C	♂ Male		5.6±0.3	6.2±0.4	6.4±0.4	6.5±0.4	6.8±0.4	6.7±0.4
	♀ Female		6.1±0.4	6.7±0.3	7.1±0.3	6.8±0.4	6.8±0.4	6.9±0.5
D	♂ Male		5.7±0.5	6.7±0.4	7.4±0.4	7.6±0.6	8.4±0.8	8.3±0.6
	♀ Female		5.7±0.5	6.5±0.4	7.2±0.5	7.2±0.5	7.3±0.5	7.5±0.6
F	♂ Male		7.3±0.6	9.1±0.4	10.1±0.5	10.9±0.5	11.5±0.5	11.7±0.6
	♀ Female		8.8±0.6	10.2±0.5	11.0±0.6	10.8±0.6	11.0±0.6	11.2±0.8
G	♂ Male		10.0±0.9	12.2±0.8	12.6±0.8	13.2±0.8	14.2±0.7	14.1±1.0
	♀ Female		8.8±0.7	11.5±0.5	12.3±0.5	12.6±0.5	12.9±0.6	13.3±0.8

となったが、必ずしも目標どおりにならず、飼料Cの可消化粗蛋白質率は、11%と低い値になった。

また、栄養率は、飼料の栄養的バランスの指標として重要であるので、栄養率をもとめる公式によって計算された²¹⁾。

Table 21 には、エゾヤチネズミの1日当りの摂食量が乾燥重量で示された。エゾヤチネズミの摂食量は、どの飼料についても、齢が進むにともない、わずかず増加する傾向がみられる。また、雄と雌の摂食量には、統計的有意差は認められなかった。

飼料の摂食量のなかで、いちばん大きなちがいがあらわれるのは、飼料間である。飼料Aと飼料Bでは、70日齢の摂食量が6~7gであるのに、飼料Gでは、13~14gとなり、約2倍になる。

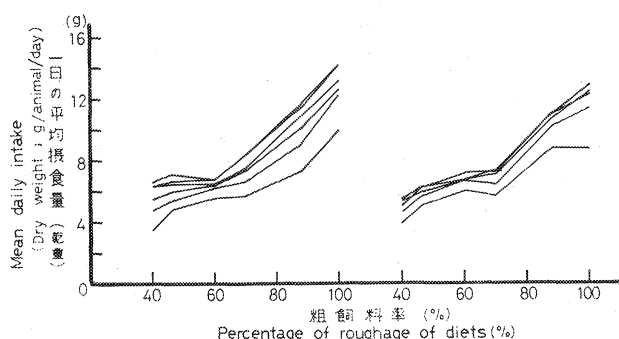


Fig. 10 1日の摂食量と粗飼料率との関係

左: ♂ 右: ♀

Relation between the mean daily intake and the percentage of roughage of diets in cage-reared voles under automatically regulated conditions; temperature 18~20°C, relative humidity 60~80%, lighting for 14 hours per day. Mean daily intake of the compounded diets in 20, 30, 40, 50, 60 and 70 age in days are indicated respectively in turn upwards from lower line in the figure.

Left: Male. Right: Female.

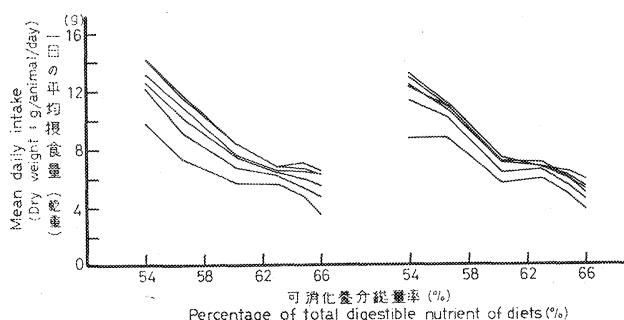


Fig. 11 1日の摂食量と可消化養分総量率との関係

左: ♂ 右: ♀

Relation between the mean daily intake and the percentage of total digestible nutrient of diets in cage-reared voles under automatically regulated conditions; temperature 18~20, relative humidity 60~80%, lighting for 14 hours per day. Mean daily intake of the compounded diets in 20, 30, 40, 50, 60 and 70 age in days are indicated respectively in turn upwards from lower line in the figure.

Left: Male. Right: Female.

るが、これが、どんな原因によるものなのかは、まったくわからない。

以上のことをまとめると、エゾヤチネズミの1日の摂食量は、粗飼料率や可消化養分総量率によって、おもに変化することがわかった。これは、飼料中のカロリーが、その、おもなる原因であると考えられる。

つぎに、この原因を検討してみる。

まず、粗飼料率と摂食量との関係を見ると、Fig. 10 のようになる。この図では、雄と雌の摂食量は、ほとんど同じ傾向で変化していることがわかる。粗飼料率が増加すると摂食量も増加する。

つぎに、粗飼料率とまったく逆の関係にある可消化養分総量率と摂食量との関係を見ると、Fig. 11 のようになり、Fig. 10 とまったく逆の関係になっていることがわかる。

栄養率と摂食量との関係は、Fig. 12 に示すような傾向で変化する。栄養率3.3%のところ、第1の屈折点があり、ついで、雄では、4.0%、雌では、3.8%付近に、ひじょうに弱い第2の屈折点がある。第3の屈折点は4.4%付近であるが、全体として、3.3%から4.4%までは、栄養率の増加にともない摂食量もわずかず減少する傾向がみられる。

最後に、可消化粗蛋白質率と摂食量との関係が、Fig. 13 に示され、雄と雌の変動は、ほとんど同じ傾向を示している。粗蛋白質率が12.8%以上になると、摂食量の変動がひじょうに大きくなっている。

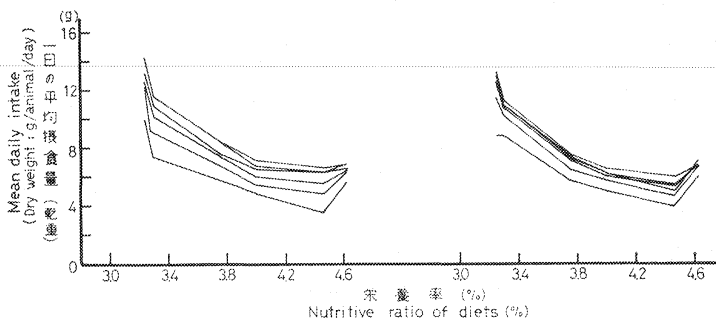


Fig. 12 1日の摂食量と栄養率との関係
左: ♂ 右: ♀

Relation between the mean daily intake and the nutritive ratio of diets in cage-reared voles under automatically regulated conditions; temperature 18~20°C, relative humidity 60~80%, lighting for 14 hours per day. Mean daily intake of the compounded diets in 20, 30, 40, 50, 60 and 70 age in days are indicated respectively in turn upwards from lower line in the figure.

Left: Male. Right: Female.

3) ま と め

この実験は、幼体期以後のエゾヤチネズミの生長・繁殖が飼料中の濃厚飼料の含有率によって、どのように影響されるかをしらべたものである。

濃厚飼料の含有率をかえた6種の飼料で飼育された幼体期以後のエゾヤチネズミの生長の仕方には、雄と雌とで相当のちがいが認められた。雄の生長では、濃厚飼料の含有率が50%の飼料と、40%以下の飼料との間で明らかなちがいが認められたが、雌の生長では、このようなちがいが認められなかった。

飼料と繁殖活動との関係では、雄と雌の両者とも、濃厚飼料の含有率によって繁殖活動が影響された。しかし、飼料中の濃厚飼料の含有率を増加させると、貯精のう重

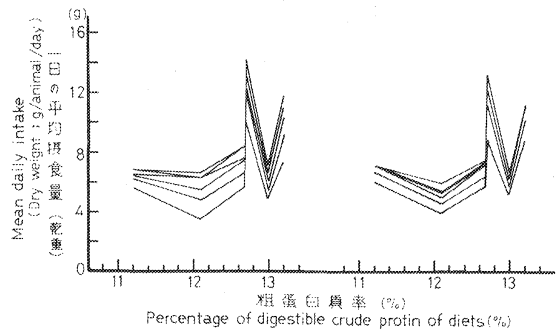


Fig. 13 1日の摂食量と粗蛋白質率との関係
左: ♂ 右: ♀

Relation between the mean daily intake and the percentage of digestible crude protein of diets in cage-reared voles under automatically regulated conditions; temperature 18~20°C, relative humidity 60~80%, lighting for 14 hours per day. Mean daily intake of the compounded diets in 20, 30, 40, 50, 60 and 70 age in days are indicated respectively in turn upwards from lower line in the figure.

Left: Male. Right: Female.

量や子宮重量の個体変異が著しく増加し、性的成熟個体から未成熟個体まで分布するようになる。これらの個体変異の増加は、飼料中の濃厚飼料の摂取の仕方によって2つの傾向に区分することができる。1つは、飼料中の濃厚飼料を摂食することによって早熟性をあらわす個体と、もう1つは、飼料中の濃厚飼料を摂食しても、この濃厚飼料によって早熟性をあらわすことができず、未成熟のままの状態にある個体とである。

実験：Ⅱ 大豆油の添加による飼料カロリーの増加の影響

1) 実験材料と方法

実験Ⅱでは、Table 22 に示した 4 種の飼料がつかわれたが、これ以外の実験条件は、実験Ⅰとまったくおなじである。

この実験は、大豆油の 4 つの処理——0, 1, 3, 5%——がエゾヤチネズミの出生後の生長に、どのように影響するかを知るためにおこなわれた。

2) 結果と考察

(1) 大豆油の添加による飼料カロリーの増加と体重増加量との関係

20日齢の体重とその後の体重増加量との直線回帰をもとめたあと、共分散分析で、各飼料の平均体重増加量を比較したところ、雄と雌の両方で、統計的有意差は認められなかった。

雄と雌についての日齢ごとの修正平均体重増加量は、Table 23 のとおりであるが、この実験でえられた結果を、実験Ⅰの結果と比較すると、雄においては、飼料 C, D, F と、また、雌においては、飼料 C と、ほとんど同じである (Table 10, 12)。

このような結果から、大豆油の添加による飼料カロリーの増加は、エゾヤチネズミの生長には、なんらの影響もおよぼさないことがわかった。

(2) 大豆油の添加による飼料カロリーの増加と繁殖活動との関係

まず、雄については、睾丸重量と貯精の重量との相対生長が、飼料ごとに計算され、共分散分析がおこなわれた。その結果、4 種の飼料の回帰係数は、すべて平行であることが確認され、つぎの相対生長式がえられた。

$$\log Y = 3.163 \log x - 6.1249 \dots\dots\dots (12)$$

Table 22. 実験Ⅱで使用了配合飼料の配合比
Compounded diets used in the experiment-Ⅱ

配 合 物 Ingredient	配 合 飼 料 Compounded diets	E	I	J	K
ルーサン・ミール	Alfalfa meal	78	82	80	78
エンバク粉末	Oat meal	20	15	15	15
魚 肉 エ キ ス	Fish meal	2	2	2	2
大 豆 油	Bean oil	0	1	3	5

Table 23. 実験Ⅱにおける修正平均体重増加量
Adjusted means of gain in body weight in the voles after 20 age in days,
on the basis of body weight at 20 age in days in the experiment-Ⅱ

性 別 Sex	個 体 数 Number	生後20日齢 の平均体重 Mean body weight at 20 age in days	生後20日齢以後の修正平均体重増加量 Adjusted means of gain in body weight in the vole after 20 age in days				
			生後30日齢 30 age in days	生後40日齢 40 age in days	生後50日齢 50 age in days	生後60日齢 60 age in days	生後70日齢 70 age in days
雄 Male	49	(g) 13.3±0.7	(g) 8.3±0.7	(g) 13.6±0.7	(g) 16.5±0.8	(g) 19.1±1.0	(g) 20.6±1.0
雌 Female	51	13.5±0.6	7.2±0.4	12.4±0.6	14.1±0.6	15.3±0.7	16.6±0.9

ただし, $\log y$ は貯精のう重量, $\log x$ は睾丸重量。

4種の飼料の, それぞれの修正平均貯精のう重量は, 式(12)より計算され, Table 24 に示された。

これらの修正平均貯精のう重量間に有意な差があるかどうかを検定したところ, 統計的有意差は認められなかった。

以上のことから, 大豆油の添加による飼料カロリーの増加は, 雄の繁殖活動にまったく影響しないことが明らかになった。

一方, 雌については, 体重と子宮重量との相対生長が, 飼料ごとに計算され, 共分散分析がおこなわれた。その結果, 4種の飼料の相対生長係数は, すべて平行であることが確認され, つぎの相対生長式がえられた。

$$\log y = 0.451 \log x + 0.8464 \dots\dots\dots (13)$$

ただし, $\log y$ は子宮重量, $\log x$ は体重。

4種の飼料の修正平均子宮重量は, 式(13)より計算され, Table 25 に示された。この表に示された修正平均子宮重量間に有意な差があるかどうかを検定すると, 統計的有意差が認められた。

式(6)をつかって, 修正平均子宮重量を比較したところ, 飼料Eと飼料Kとの間に有意な差があることがわかった。

この結果, 大豆油の添加による飼料カロリーの増加が, 雌の繁殖活動に影響をあたえることが明らかになり, 雄とちがった反応の仕方は, とくに注目される問題である。

Table 24. 実験Ⅱにおける70日齢の修正平均貯精のう重量

Adjusted means of seminal vesicle weight in male voles attained to a stage of sexual maturation (testis weight more than 200 mg) at 70 age in days in the experiment-II

実験個体に与えた配合飼料 Compounded diets for the experimental voles	平均睾丸重量 Mean testis weight (log)	平均貯精のう重量 Mean seminal vesicle weight (log)	修正平均貯精のう重量 Adjusted means of seminal vesicle weight (log)
E	2.5566	2.0044	2.1236 \pm 0.0929
I	2.6434	2.1829	2.0276 \pm 0.1339
J	2.6130	2.1133	2.0542 \pm 0.1135
K	2.6004	2.0956	2.0763 \pm 0.1767
全 体 Pooled values	2.5943	2.0809	2.0809 \pm 0.0632

Table 25. 実験Ⅱにおける日齢の修正平均子宮重量

Adjusted means of uterus weight in female voles at 70 age in days in the experiment-II

実験個体に与えた配合飼料 Compounded diets for the experimental voles	平均体重 Mean body weight (log)	平均子宮重量 Mean uterus weight (log)	修正平均子宮重量 Adjusted means of uterus weight (log)
E	1.4672	1.4504	1.4463 \pm 0.0597
I	1.4662	1.4734	1.4697 \pm 0.1618
J	1.4546	1.5420	1.5436 \pm 0.1618
K	1.4412	1.5885	1.5961 \pm 0.0918
全 体 Pooled values	1.4581	1.5040	1.5040 \pm 0.0448

3) ま と め

大豆油の添加による飼料カロリーの増加が、幼体期以後のエゾヤチネズミの生長・繁殖にどのように影響するかをしらべた。その結果、生長については、雄と雌の両者とも、まったく影響されないが、繁殖活動については、雄と雌の間に明らかなちがいが認められ、雄の繁殖活動は影響されないが、雌の繁殖活動は促進された。

実験：Ⅲ α -トコフェロールの添加の影響

1) 実験材料と方法

実験Ⅱにおいて、飼料Kがエゾヤチネズミの雌の繁殖活動に影響をおよぼしたことから、この飼料に動物の繁殖活動を促進させる α -トコフェロール（ビタミンE）を添加することによって、さらに繁殖活動が促進されるかどうかをみたのが、この実験である。

Table 26 に示した飼料は、 α -トコフェロールの添加によって、4つの処理があたえられた。 α -トコフェロールは油性のビタミンであるため、大豆油にとかして使用したので、4種の飼料の大豆油の含有率は、すべて5%になっている。飼料以外の実験条件は、実験Ⅰとまったくおなじである。

2) 結果と考察

(1) α -トコフェロールの添加と体重増加量との関係

20日齢の体重と、その後の体重増加量との直線回帰をもとめたあと、共分散分析がおこなわれた。

その結果、4種の飼料の回帰係数は、すべて平行であることが確認されたので、修正平均体重増加量間に有意な差があるかどうかを検定したところ、統計的有意差は認められなかった。

Table 26. 実験Ⅲで使用した配合飼料の配合比
Compounded diets used in the experiment-III

配 合 物 Ingredient	配 合 飼 料 Compounded diets	K (%)	L (%)	M (%)	N (%)
ルーサン・ミール	Alfalfa meal	78	78	78	78
エンバク粉末	Oat meal	15	15	15	15
魚 肉 エ キ ス	Fish meal	2	2	2	2
大 豆 油	Bean oil	5	4	3	2
α -トコフェロール(注)	α -Tocopherol	0	1	2	3

(注) α -トコフェロール 10 g/大豆油 500 g
10 g of α -Tocopherol dissolved in 500 g bean oil.

Table 27. 実験Ⅲにおける修正平均体重増加量
Adjusted means of gain body weight in voles after 20 age
in days in the experiment-III

性 別 Sex	個 体 数 Number	生後20日齢 の平均体重 Mean body weight at 20 age in days	生後20日齢以後の修正平均体重増加量 Adjusted means of gain in body weight in the vole after 20 age in days				
			生後30日齢 30 age in days	生後40日齢 40 age in days	生後50日齢 50 age in days	生後60日齢 60 age in days	生後70日齢 70 age in days
雄 Male	51	(g) 13.7 \pm 0.5	(g) 9.0 \pm 0.5	(g) 14.0 \pm 0.6	(g) 17.1 \pm 0.8	(g) 19.8 \pm 0.9	(g) 20.9 \pm 1.1
雌 Female	44	(g) 13.2 \pm 0.5	(g) 7.5 \pm 0.5	(g) 12.4 \pm 0.7	(g) 14.3 \pm 0.8	(g) 15.0 \pm 0.9	(g) 15.5 \pm 1.0

実験Ⅲにおける修正平均体重増加量は、Table 27 のようになる。この表に示された雄と雌の修正平均体重増加量は、実験Ⅱとほとんどおなじ結果であることがわかる。このことから、エゾヤチネズミの生長には、 α -トコフェロールの添加は、まったく影響をおよぼさないことが明らかになった。

(2) α -トコフェロール添加と繁殖活動との関係

まず、雄については、睾丸重量と貯精のう重量との相対生長が、飼料ごとに計算され、共分散分析がおこなわれた。この結果、4種の飼料の相対生長係数は、すべて平行であることが確認され、つぎの相対生長式がえられた。

$$\log y = 3.537 \log x - 7.0506 \dots\dots\dots (14)$$

ただし、 $\log y$ は貯精のう重量、 $\log x$ は睾丸重量。

4種の飼料の、それぞれの修正平均貯精のう重量は、式(14)から計算され、Table 28 に示すとうりであった。これらの修正平均貯精のう重量間に有意な差があるかどうかを検定したところ、統計的有意差は認められなかった。この結果、 α -トコフェロールの添加は、雄の繁殖活動にまったく影響をおよぼさないことが明らかになった。

雌については、体重と子宮重量との相対生長が飼料ごとに計算され、共分散分析がおこなわれた。この結果、4種の飼料の相対生長係数が平行でないことがわかったので、体重と子宮重量との相対生長から、4種の飼料の子宮重量を比較することができなくなった。そこで、4種の飼料の平均体重を無視して、平均子宮重量だけで飼料間の比較をおこなった。

α -トコフェロールの添加と平均子宮重量との関係は、Table 29 に示すとおりである。この表による

Table 28. 実験Ⅲにおける70日齢の修正平均貯精のう重量

Adjusted means of seminal vesicle weight in male voles attained
to a stage of sexual maturation (testis weight more than 200 mg)
at 70 age in days in the experiment-III

実験個体に与えた配合飼料 Compounded diets for the experimental voles	平均 睾丸 重量 Mean testis weight (log)	平均貯精のう重量 Mean seminal vesicle weight (log)	修正平均貯精のう重量 Adjusted means of seminal vesicle weight (log)
K	2.6004	2.0956	2.0730 \pm 0.1902
L	2.5413	2.0508	2.2372 \pm 0.1174
M	2.6283	2.2433	2.1220 \pm 0.0819
N	2.6360	2.1565	2.0079 \pm 0.1741
全 体 Pooled values	2.5940	2.1244	2.1244 \pm 0.0699

Table 29. α -トコフェロールの含有量と平均子宮重量との関係

Relation between the mean uterus and the α -Tocopherol
content in compounded diets

実験個体に与えた配合飼料 Compounded diets for the experimental voles	α -トコフェロールの 含 有 量 α -Tocopherol content	平均子宮重量 Mean uterus weight (log)
K	0	1.5885 \pm 0.0918
L	1	1.5997 \pm 0.1175
M	2	1.6223 \pm 0.0947
N	3	1.7212 \pm 0.0445

と、 α -トコフェロールの増加と平均子宮重量の増加とが、完全に一致していることがわかる。すなわち、 α -トコフェロールの添加は、エゾヤチネズミの雌の繁殖活動を促進させることが明らかになった。

3) ま と め

飼料に α -トコフェロール (ビタミンE) を添加すると、幼体期以後のエゾヤチネズミの生長・繁殖にどのように影響するかをしらべた。その結果、実験Ⅱとおなじ結果がえられ、雌の繁殖活動だけが促進された。

Ⅲ 総 括

(1) 動物の個体発生とは、卵細胞の受精の瞬間にはじまり、死亡するまでの、生活の全過程のことであるから、そこには、いくつかの発育段階がみられる²⁷⁾。スヴェチン²⁶⁾は、家畜の個体発生を胎内発育期と、胎内期以後の発育期に大分けし、これらを、さらに、いくつかの段階に小分けている。

ところで、これまでのエゾヤチネズミの生長と発育に関する研究は、出生後 (胎内期以後) のものばかりで、胎内発育の研究は、まったくおこなわれていない¹⁾¹¹⁾¹⁵⁾²⁰⁾²⁸⁾。この論文における著者の研究も、これまでのエゾヤチネズミの研究とおなじように、出生後の生長と発育を研究を対象にしており、胎内発育の研究はまったくおこなわれなかった。

動物の胎内発育の研究は、つぎの2つの点で、ひじょうに重要なものであると考える。1つは、個体発生の出発点である受精の問題であり、もう1つは、比較的単純な細胞 (接合子) から、まとまった組織と器官をもつ複雑な個体が、個体発生の全過程からみて、ひじょうに短かい胎内発育期のなかで、急速に形成されるという問題である。

受精は精子と卵細胞との相互融合の結果うまれる。この新しい細胞が、新しい個体発生の出発点となるわけであるが、このとき、精子と卵細胞をうみだした両親の素質が、子孫に複雑な形で継承される遺伝の問題を、個体発生の研究のなかで、どのように位置づけるかを検討しなければならない。

スヴェチンは、「腹の中の仔を変えるには母親を変えねばならぬ」といい、家畜の胎内発育条件を、まったく恒常的なものだともみえず考えを戒めている。この意味で、彼等がおこなったウサギの実験は、ひじょうに注目される研究である。

彼らは、雌ウサギの妊娠期間を10日ずつに区分し、各区分の終りの3日間を完全に絶食させることが、このウサギの多胎性と胎児に、どのように影響するかを実験した。

実験の結果は、妊娠の第1の区分の3日間、完全に絶食させた群では、胚の発育に最大の悪影響を与え、これらの胚は母体内ですべて死んだ。妊娠の第2の区分の3日間の絶食の群では、12.5%の死産が生じ、胎児の胚胎生長への影響は、それほど大きくなく、新生仔の平均体重は、正常な飼養群にくらべていくらか小さかった。妊娠の最終の区分の3日間に絶食させた群では、胚胎の生長と胎児の発育を大きく抑圧した。これらの雌からうまれた仔ウサギは、体重が小さく、元気がなく、生活能力が低いことが目立っていた。

これは、ウサギをつかつての実験結果である、ほかのすべての哺乳動物にも共通する問題であると考えられる。この実験結果で重要なことは、生活条件の変化が、動物の胎内発育期のどの時期で生じるかによって、胎児への影響もいろいろとちがったものになることである。エゾヤチネズミの個体数変動を研究するうえで、このような問題はひじょうに重要であり、エゾヤチネズミの個体発生における胎内発育の研究

Table 30. 出生後におけるエゾヤチネズミの発育段階
 Developmental stages of the vole (*Clethrionomys rufocanus bedfordiae*), during postnatal period

日 齢 Age in days	阿 部 ABE		桑 畑 KUWAHATA	
	発 育 段 階 Developmental stages	食 物 と 成 熟 Food & maturity	発 育 段 階 Developmental stages	生 活 様 式 Life form
出 生 Birth		母 乳 の み Only milk of mother		
13	幼 体 期 Juvenile stage	母乳と固形物 To begin to eat solid food	幼 体 期 Juvenile stage	哺 育 期 Suckling & nurture stage
20		固 形 物 の み Only solid food		
30	亜 成 体 期 Subadult stage	性的成熟がはじまる。はじめは早、ついで遅 Beginning of sexual maturity in females at first and next in males	亜 成 体 期 Subadult stage	独 立 生 活 期 Independent life stage
60	成 体 期 Adult stage	ほとんどすべての個体が性的成熟 Sexual maturity in almost all individuals	成 体 期 Adult stage	

を、もっと積極的にこなうことが必要であろう。

(2) 阿部¹⁾はエゾヤチネズミの出生後の発育段階区分をはじめておこなった。彼は、エゾヤチネズミの繁殖活動のはじまる時期を契機にして区分し、幼体期と成体期との間の移行期を亜成体期としている。これは、これまで常識的につかわれていたものであるが、移行期の亜成体期を生活条件と結びつけてとらえているところに、生物学的意義があると思う。

阿部は、エゾヤチネズミの生長における2つの転機を指摘した。1つは、開眼期＝離乳開始期で、これを第1の転機とした。もう1つは、性的には性成熟期、形態的には諸形質の生長停滞期、また、生態的には巣立ち後の分散、独立生活開始期を、それぞれ指標にして、第2の転機を30～60日齢においている。

著者の出生後における発育段階区分は、阿部の区分と本質的におなじであるが、幼体期と亜成体期の区分の仕方に多少のちがいがあ。動物の発育段階を区分するとき、動物の構造(形態)的、機能(生理・生化学)的变化と同時に、生活の変化も関連させて検討されなければならないが²⁴⁾、阿部の区分には、この生活の変化との関連が、あまり明確にされていないようにみえる。

出生後における仔の生活の変化は、母体による哺育と、独立生活との、2つの面からつかむことができる。母体による哺育期をいつまでにするかが問題であるが、飼育条件のもとでは、仔が自分で食物を取って生活できる時期が、20日齢以後であることから、著者は、20日齢までを母体による哺育期とし、それ以後を独立生活期とした。そして、このときを幼体期と亜成体期とに区分する時期にもしたのである。

以上のことから、エゾヤチネズミの発育段階区分における阿部と著者との関係を整理すると、Table 30のようになる。

(3) 近年、野ネズミの生物エネルギー(Bioenergetics)の研究が、さかんにおこなわれるようになったが、このなかで、KACZMARSKI⁹⁾とMIGULA¹⁰⁾は、*Clethrionomys glareolus*と*Microtus arvalis*をつかって、妊娠と哺乳中の生物エネルギーを、それぞれ測定した。

KACZMARSKI⁹⁾ が *Clethrionomys glareolus* でおこなった実験では、妊娠していない雌の毎日の食物同化（消化）量は、17.5 KCal/animal（体重 25 g）であった。ところが、妊娠期間の終りの方では、23.7 KCal/animal，最大哺乳時では、38.9 KCal/animal の平均値をえた。5 頭の産仔数を生産し、離乳までに、それらのうちの 4 頭を哺育するためには、特別に 364 KCal を同化しなければならない。すなわち、妊娠のために 75 KCal，哺乳のために 289 KCal が、それぞれ、特別に必要であるという結果になった。

また、MIGULA¹⁹⁾ も KACZMARSKI⁹⁾ とおなじように、*Microtus arvalis* をつかって実験をおこなった。この実験によると、妊娠していない雌の毎日の食物同化量は、10.5～11.4 KCal/animal（体重 23～25 g）であったが、妊娠の最後では、 15.98 ± 2.4 KCal/animal，最大哺乳時（生後 14 日齢，産仔数 4 頭）では、 37.97 ± 4.7 KCal/animal となり、KACZMARSKI⁹⁾ が実験した *Clethrionomys glareolus* の結果と、ほぼおなじような傾向を示している。このような結果は、Rat や Mice においてもみられるという⁹⁾¹⁹⁾。

Microtus arvalis の妊娠と哺乳に必要な食物同化エネルギーの超過量は、304 KCal で、このうち妊娠のために 60.5 KCal，哺乳のために 243.5 KCal となり、哺乳に必要な食物同化エネルギーの超過量が、ひじょうに大きなものであることは、*Clethrionomys glareolus* と、ほとんどおなじである。

このように、哺乳のための食物同化量がひじょうに大きく、最大哺乳時では、妊娠していない成体雌の 2～3 倍の量が必要になっているが、野外における実際の生活では、このような超過食物同化量を、いったい、どうやって摂取するのであろうか。

粗飼料と濃厚飼料を含有した配合飼料とでは、幼体期の仔の生長に明らかなちがいがあり（Fig. 1），粗飼料だけによる仔の生長は、ひじょうにわるくなっている。これは、カロリーの低い粗飼料が、そこに、ありあまるほどあったとしても妊娠と哺乳、とくに哺乳のために必要な超過食物同化量を十分に摂取することができないことを意味している。

つまり、エゾヤチネズミの繁殖活動に必要な食物条件（気温；18～20°C，光；14 時間照明のもとで）は、粗飼料だけがいくらおおくあったとしても、良好な仔の生長を保障することができない。もし、良好な仔の生長をもとめようとすれば、そこに、どうしても、濃厚飼料的食物条件が必要になるだろう。

しかし、Fig. 4 から明らかなように、たとえ濃厚飼料を含有した配合飼料の場合であっても、産仔数が 6 頭以上になると、それが増えるごとに、仔の生長も、それにともなわてわるくなるわけで、このような配合飼料をいかにありあまる程あたえたとしても、すべての産仔数の仔の生長を完全に保障することができなく、せいぜい産仔数 5 頭までの生長を保障するにすぎない。哺乳のための食物条件がいかに重要であるかが、このことからわかるのである。

それでは、産仔数 6 頭以上の仔の生長を保障する食物条件は、いったい自然界には存在するのであろうか。

野外で生活するエゾヤチネズミの食性調査は、おもに胃内容物の検査によっておこなわれているが、妊娠していない雌の食性と、妊娠または哺乳中の雌の食性との間に、ちがいがあるかどうかの研究は、ほとんどおこなわれていないようである⁶⁾¹⁷⁾¹⁸⁾²⁸⁾。

妊娠と哺乳のために必要な超過食物量が、どんな食物でまかなわれているかを知することは、エゾヤチネズミの個体数変動を予想するうえで、どうしても必要な問題である。

これまでの野外調査でえられた、エゾヤチネズミの胎児数は、平均値が 5 頭から 6 頭のあいだにあるものがおおいから、当然、胎児数の大きい方への偏りとして、6，7，8 頭などの胎児数が、かなりの頻度で

分布する⁸²⁴⁾¹⁰⁾²⁸⁾。このとき、これらの大きい胎児数の仔の生長と発育を保障するような食物条件が、そこに、あるかどうかによって、このあとの個体数変動に大きく影響するであろう。

まえにのべた、「腹の中の仔を変えるには、母親を変えねばならぬ」という考え方は、哺乳中の仔にたいしても、おなじようにあてはまる問題であり、妊娠と哺乳中の母体の栄養条件が、いかに重要であるかを強調するものである。

(4) 20日齢以後の独立生活のなかで、濃厚飼料の含有率を増加させて与えると、生長よりも、むしろ繁殖活動の面で、その有効性があらわれる。

Fig. 14 は、70日齢におけるエゾヤチネズミの、貯精のう、および子宮の、それぞれの修正平均重量と粗飼料率との関係を示したものである。この図では、粗飼料率が大きくなると、貯精のう、および子宮のそれぞれの平均重量が低下し、エゾヤチネズミの繁殖活動に濃厚飼料が有効に作用していることがわかる。

しかし、一方、Fig. 8 と Fig. 9 で明らかなように、濃厚飼料の含有率を増加させてあたえると、貯精のう、および子宮重量の個体変異が増大した。個体変異のあらわれ方は、雄と雌とでは、かならずしもおなじでないが、濃厚飼料によって早熟性をあらわす個体と、そうでない個体とにわかれる現象そのものは、本質的におなじものであると考えられる。

これまでの食性研究によると、エゾヤチネズミは、草食性動物であることが認められているが、非草食性動物との栄養生理上のちがいは、エネルギー代謝にあることがわかっている²²⁾²⁸⁾。

すなわち、草食性動物のエネルギー代謝は、おもに脂肪酸によっておこなわれるので、「脂肪酸」動物ともいわれているが、これにたいして、非草食性動物のエネルギー代謝は、グルコースによっておこなわれるので、「糖」動物ともいわれている。しかし、草食性動物の場合でも、幼体期のエネルギー代謝は、「糖」動物型のエネルギー代謝をしているのであるが、これが、「脂肪酸」動物型のエネルギー代謝に変化するのには、どの発育段階からであるかということが問題になる。

飼料の栄養的特性からみると、粗飼料は、粗繊維が主成分であるのにたいして、濃厚飼料は、一般に澱粉の含有率が高いため、糖質飼料としての特性をもっている。したがって、この飼育実験において、飼料のなかの濃厚飼料の含有率をたかめるということは、1 つには、糖質濃度をたかめたことになるのである。

Fig. 8 と Fig. 9 でみられたように、濃厚飼料の含有率の増加、つまり、糖質濃度の増加にともなう貯精のう、および子宮重量の個体変異の増大は、哺育期から独立生活期(母乳から固形食物)にうつる段階でおこるエネルギー代謝の変化によるものであろうことを想像することができる。このとき、エゾヤチネズミには、2つの傾向が生じるであろう。1つは、濃厚飼料の摂食によって早熟性をあらわす個体と、もう1つは、濃厚飼料を摂食しても早熟性をあらわすことができない個体とである。前者は、糖型エネルギー代謝から脂肪酸型エネルギー代謝に完全にきりかわっていない個体であるが、後者はこのきりかわりが

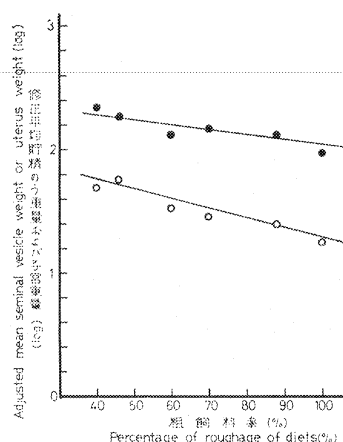


Fig. 14 修正平均貯精のう重量および子宮重量と粗飼料率との関係

黒：貯精のう、白：子宮
Relation between the adjusted mean seminal vesicle weight or uterus weight and the percentage of roughage of diets.
Black : Adjusted mean seminal vesicle weight. White : Adjusted mean uterus weight.

徹底しておこなわれた個体であることが考えられる。そして、このエネルギー代謝のきりかわりは、おそらく、エゾヤチネズミの生長と発育における遺伝的差異によるものではなからうか。

(5) エゾヤチネズミの繁殖活動にたいする食物条件は、雄と雌では、かならずしもおなじでないことが、実験Ⅱと実験Ⅲで明らかになった。

油脂を飼料に添加するねらいは、おおよそ、つぎの3つをあげることができよう。その第1は、ほかの栄養素の倍以上の代謝エネルギーをもっていることから、糖質による代謝エネルギーのかわりにつかうことができる。第2は、必須脂肪酸——リノール酸、リノレン酸、アラキドン酸——を供給する。そして第3は、飼料中の油溶性ビタミンの吸収を促進させることである。

大豆油を飼料に添加した第1のねらいが、濃厚飼料の増加による高エネルギー化のかわりとして、大豆油をつかったのであるが、雄の性的成熟には、このねらいは、まったく的はずれであることが実験Ⅱと実験Ⅲで明らかになった。つまり、雄の性的成熟にたいする濃厚飼料の役割が、たんに代謝エネルギーの増加だけを意味するものでなく、もっと複雑な、ほかの栄養的役割があるように考えられる。

しかし、雌は雄とちがって、飼料中の大豆油の添加が、子宮重量の増加に有効に作用したことが明らかになったのであるから、大豆油による飼料の高エネルギー化は、雌の性的成熟を促進させるはたらきがあると、結論づけることができるのであるが、それでは、なぜ、雄と雌とでは、このようなちがいができるのか、そしてその原因はいったいなにがあるかは、ここで、これ以上の考察をつづけることができない問題である。

最後に、飼料の栄養的特性によって、エゾヤチネズミの生長曲線にあらわれた、雄と雌とのちがいについて考察しよう。

Fig. 15 は、濃厚飼料の含有率、50%の飼料Bと、濃厚飼料をまったく含まない、粗飼料率、100%の飼料Gとの生長曲線である。

飼料Bの生長曲線では、雄と雌との間にはっきりしたちがいが、40日齢頃からあらわれ、日齢が進むにともない、この差が大きくなっている。40日齢頃から雄と雌の生長にちがいがあらわれはじめるということ

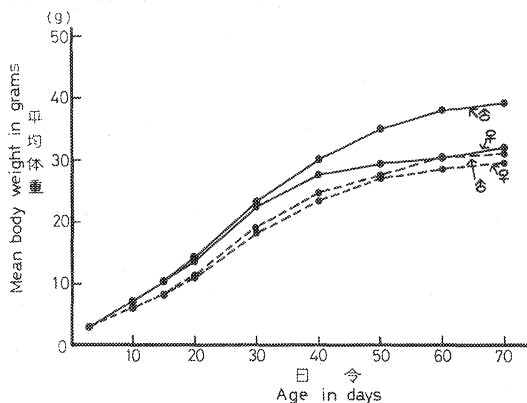


Fig. 15 飼料Bと飼料Gとの生長曲線
Growth in body weight of the vole under artificial rearing conditions; temperature 18~20°C, relative humidity 60~80%, lighting for 14 hours per day.
Solid line: Diet B. Dotted line: Roughage G.

とは、性的成熟過程に入る時期でもあり、発育の問題をぬきにして、このことを考えることができない問題であろう。

ところで、飼料Gの生長曲線では、雄と雌との間にわずかなちがいがあるだけで、飼料Bのようなちがいはない。これを、どう考えるべきであろうか。70日齢における飼料Gの性的成熟度は、飼料Bにくらべておくれているが、これが、おもなる原因であろうか。それとも、飼料の栄養的特性によるのであろうか。

また、飼料Bと飼料Gとの間で、両者の生長曲線をくらべてみると、雄では、ひじょうに大きな生長差があらわれるが、雌では、そ

れほど大きな差はみられない。

このように、エゾヤチネズミの生長と発育にかかわる栄養生理の問題では、雄と雌との間で、明らかにちがいがあることがわかったのであるが、これが、いったい、どんな原因によるものなのかは、さらに、おおくの研究が必要であると考える。

文 献

- 1) 阿部 永：ヤチネズミ 2 型の生長と発育 1, 外部形質, 体重, 性成熟および行動, 北海道林試報, 6, 69~89, (1968)
- 2) 藤巻裕蔵：天然林におけるネズミ類の生息密度と個体群構成の変動, 北海道林試報, 7, 62~77, (1969)
- 3) ————：エゾヤチネズミの繁殖活動 1, 春の繁殖活動の地域差, 北海道林試報, 10, 59~67, (1972)
- 4) ————：エゾヤチネズミの繁殖活動 2, 夏の繁殖活動の地域差, 北海道林試報, 11, 121~131, (1973)
- 5) 今泉吉典：原色日本哺乳類図鑑, 保育社, 大阪, (1964)
- 6) 五十嵐文吉：エゾヤチネズミの食性に関する研究, 第80回日本林学会大会講演集, 261~262, (1969)
- 7) 猪 貴義：実験用動物における遺伝制御, 病気制御, 環境制御の必要性, 畜産の研究, 26, (1), 214~218, (1972)
- 8) ————：実験動物——その生産と管理 (13), (14), 27, (11), (12), 1387~1391, 1505~1511, (1973)
- 9) KACZMARSKI, E.: Bioenergetics of pregnancy and lactation in the bank vole, *Acta Theriologica*, 11, (19), 409~417, (1966)
- 10) 桑畑 勲：エゾヤチネズミ個体群の変動に関する研究 (II), 繁殖活動について, 林試北支年報, 1965年度, 209~236, (1966)
- 11) ————：エゾヤチネズミの飼育実験, 北方林業, 229, 17~21, (1968)
- 12) ————：エゾヤチネズミの飼育実験装置について, 森林防疫ニュース, 17, (8), 137~143, (1968)
- 13) ————：エゾヤチネズミの発生予察について, 林試北支年報, 1970年度, 119~139, (1971)
- 14) ————：天塩営林署管内におけるエゾヤチネズミの 2 つの個体数変動形式について, 森林防疫, 23, (4), 2~7, (1974)
- 15) ————：エゾヤチネズミの生長と繁殖, 第22回日本生態学会大会講演要旨集, (1975)
- 16) KUWAHATA, T.: On the breeding of cage reared-backed vole, *Clethrionomys rufocanus bedfordiae* (THOMAS), *Exp. Animals*, 22, Suppl., 231~236, (1973)
- 17) 前田 満：北海道の森林における野ネズミの生態に関する研究 (III), エゾヤチネズミの食性の季節変化について, 林試北支年報, 1968年度, 129~142, (1969)
- 18) MAEDA, M.: Ecology of field mice in forest lands in Hokkaido (iv), Food habit and nutrition of the red-backed vole, *Clethrionomys rufocanus bedfordiae* (THOMAS), 林試研報, 258, 1~12, (1973)
- 19) MIGULA, P.: Bioenergetics of pregnancy and lactation in European common vole, *Acta theriologica*, 14, (13), 167~179, (1969)
- 20) 水島俊一：エゾヤチネズミの生長に伴う酸素消費量の変化, 哺乳類科学, 23, 10~19, (1971)
- 21) 森本 宏：動物栄養試験法, 養賢堂, 東京, (1971)
- 22) 中村亮八郎：飼料と栄養 (18), 畜産の研究, 26, (11), 1427~1430, (1972)

- 23) 白石 哲：カヤネズミの成長 III, 絶対成長, 成長, 2, (4), 15~24, (1963)
- 24) 渋谷寿夫：生物学入門, 法律文化社, 京都, (1967)
- 25) スネデカー (畑村, 奥野, 津村, 共訳)：統計的方法, 岩波書店, 東京, (1966)
- 26) スヴェチン (亀井健三訳)：家畜の個体発育, たたら書房, 米子, (1969)
- 27) 徳田御稔：進化学入門, 紀伊国屋新書, 東京, (1963)
- 28) 上田明一, ほか 9 名：エゾヤチネズミ研究史, 林試研報, 191, 1~100, (1966)

**Studies on Population Fluctuation of the Red-backed Vole,
Clethrionomys rufocanus bedfordiae (THOMAS) (IV)
Growth of the vole influenced by the ratio of combinations of the
feeds and the nutritive materials during postnatal period in
cage-reared stocks under the laboratory conditions**

Tsutomu KUWAHATA⁽¹⁾

Summary

1) Reproduction of mother voles

An experiment on reproduction of mother voles was carried out using various compounded diets as shown in Table 1, under artificial conditions of 18~20°C in temperature, 60~80% relative humidity, and lighting with two rhythms; light period : dark period, 14 : 10 and 0 : 24 in hours per day, respectively.

(1) The degree of reproduction in females of the populations was decided by the percentage of pregnancy, litter size, age of the first birth and number of births. As a result of the comparison of reproduction among the mother voles fed by seven kinds of compounded diets, it was found that the mother voles fed by diet G had a tendency to be less active in reproduction than those fed by other diets (Table 2).

(2) It was apparent that the litter size of mother voles was not influenced by the increase in ages and number of births (Tables 3 and 4).

(3) The experiment was conducted on the reproduction of mother voles under two treatments in which there were lighting for 14 hours and zero hour per day, respectively. As a result, the reproduction of mother voles under the lighting for zero hour was less than that under the lighting for 14 hours per day (Table 5).

2) Growth in body weight of voles during juvenile stage.

Juvenile stage of the vole is defined as the suckling and nurture period until the age of 20 days and the growth in body weight of voles during juvenile stage was measured.

(1) Survival rates of voles during juvenile stage in the laboratory were very high, and 80% of survival rates were observed at 20 days of age. Besides, the survival rates of voles during juvenile stage were not influenced by fed conditions of mother voles (Table 6).

(2) The factory influencing growth of voles during juvenile stage were conceivable to be

Received October 23, 1975

(1) Hokkaido Branch Station

such conditions of mother voles as diets, increase in age, number of births and litter sizes. The results obtained for those factors were as follows :

(A) It was apparent that the favorable growth in body weight of voles during juvenile stage resulted from the mother voles feeding concentrated diets (Fig. 1).

(B) The growth in body weight of voles during juvenile stage had no connection with either increase in age or number of births of mother voles (Figs. 2 and 3).

(C) The growth in body weight of voles during juvenile stage had a connection with litter sizes. The mean body weight of voles during juvenile stage was surely decreased with the increase of litter sizes more than six (Fig. 4).

3) Results of experiment-I.

The growth and development of voles after juvenile stage was studied using six kinds of compounded diets, excepted diet E in Table 1, in the experiments on cage-reared voles in laboratory.

(1) Relation between the gain in body weight and the content of concentrated feeds of diets.

(A) Male

Regression coefficients between the body weight at 20 days of age (X) and the gain in body weight after 20 days of age (Y) in each diet could be divided into 3 groups; regression coefficient was positive in the diet A, negative in the diet G, and did not exist in the rest (Table 9).

No significant difference was noted among the mean gain in body weight of voles fed by those diets that contained less than 40% concentrated feeds, but significant difference was barely noted between the diet B that contained 50% concentrated feeds and those diets that contained less than 40% concentrated feeds (Table 10).

(B) Female

Regression coefficients between the body weight at 20 days of age (X) and the gain in body weight after 20 days of age (Y) in each diet could be divided into 2 groups; regression coefficient in the diet A was negative, and that in the rest of those diets did not exist (Table 11).

Although there was a difference in part of a series of experimental results, no significant difference was noted as a whole among the mean gain in body weight of voles fed by six kinds of the compounded diets (Table 12).

(2) Relation between the reproductive activity of vole and the content of concentrated feeds of diets.

(A) Male

Among six kinds of the compounded diets concerned, the percentage of pubescent voles fed by the diets containing less than 40% concentrated feeds was lower than that by the diets containing 50% and 60% concentrated feeds (Fig. 7).

Intensity of reproduction in male voles attained to a stage of sexual maturation (testis weight more than 200 mg) at 70 days of age could be analysed by relative growth between the testis weight and the seminal vesicle weight.

Relative growth coefficient of the diet A could be excepted from that of the other five diets, because that of the diet A is in no existence statistically. According to the covariance analysis of the relative growth between the testis weight and the seminal vesicle weight, significant difference was noted among the adjusted means of seminal vesicle weight in the vole

fed by five diets excluding the diet A (Tables 15 and 16, and Fig. 14).

In the diet A excepted from the other five diets, variation of seminal vesicle weights consisted of two features inferring from concentrated feed of the diet; one increased markedly the seminal vesicle weight, and another showed no response in the weight increase for the supply of concentrated feed of the diet (Fig. 8).

(B) Female

The reproduction in female voles before pregnancy was analysed by the relative growth between the body weight and the uterus weight. As a result, significant difference was noted among the adjusted means of uterus weight in females fed six kinds of compounded diets (Tables 18 and 19, and Fig. 14).

Variation of uterus weight in female vole expanded with increase of content of concentrated feed in the diets and consisted of two features inferring from concentrated feed of the diet, as the variation of seminal vesicle weights in the diet A (Fig. 9).

(3) Daily intake of the foods in cage-reared vole under automatically regulated conditions.

Daily intake of the foods in the vole was influenced by the percentage of roughage and total digestible nutrient of diets. Daily intake in the male was more in quantity than that in the female (Figs. 10 and 11).

4) Results of experiment-II.

The purpose of the experiment was to determine how the caloric increase of diets by adding bean oil influenced the growth and development of voles. The compounded diets used in the experiment-II were given in Table 22.

(1) Caloric increase of diets by adding the bean oil had no effect on the gain in body weight both in male and female voles (Table 23).

(2) No significant difference was noted among the seminal vesicle weights in males fed by four kinds of the compounded diets. Consequently, it was apparent that intensity of reproduction in male had no correlation with caloric increase of the diets by adding the bean oil (Table 24).

(3) Significant difference was noted between the uterus weight in females fed by the diet E and K. Consequently, it was apparent that reproduction in female before the pregnancy was under the influence of caloric increase of the diets by adding the bean oil (Table 25).

5) Results of experiment-III.

The experiment was conducted to make clear how the addition of α -Tocopherol (Vitamin E) to the diets effected the growth and development of voles. The compounded diets used in the experiment-III were given in Table 26.

(1) No gain in body weight both in male and female voles was obtained by addition of α -Tocopherol to the diets (Table 27).

(2) It was apparent that intensity of the reproduction in males had no relation with the addition of α -Tocopherol to the diets, but that reproduction in female before the pregnancy was promoted by the addition of α -Tocopherol to the diets (Tables 28 and 29).