Analyses of Constituents of Feces and the Effect of a Vitamin B₁₂ Fortified Diet on Coprophagy in the Mouse

Koichi Y. EBINO, Tomio SUWA**, Yoshibumi KUWABARA**,
Toru R. SAITO and Kazuaki W. TAKAHASHI*

*Toxicology Division, Institute of Environmental Toxicology, Suzuki-cho 2-772,
Kodaira-shi, Tokyo 187, Japan, *Department of Laboratory Animal Science,
Nippon Veterinary & Zootechnical College, Kyonan-cho 1-7-1, Musashino-
shi, Tokyo 180, and **Bioresearch Laboratory, Oriental Yeast
Co., Ltd., Azusawa 3-6-10, Itabashi-ku, Tokyo 174.*

(Received 8 November 1985/Accepted 2 May 1986)

In order to investigate coprophagy from the viewpoint of nutrition, fecal constituents were analyzed in freeze-dried samples. Feces were collected from 7:00 to 11:00 and from 19:00 to 23:00. Inorganic elements and crude fibers per unit weight were 3–4 times more concentrated in feces than in basal diet, whereas, crude proteins, crude fats and nitrogen-free extract showed various degrees of reduction. There were no differences in these tendencies with sampling time. As for some B vitamins, feces collected from 7:00 to 11:00 contained 22–92% more vitamins than feces collected from 19:00 to 23:00. In comparison with the dietary concentration, vitamin B₁₂ was increased by 124–197 times (520–730 µg/100 g) in feces collected between 7:00 and 11:00. Folic acid in feces collected between 7:00 and 11:00 was 10 times greater than that in the diet. On the basis of the findings on vitamins, the effect of a vitamin B₁₂ fortified diet (1,350 µg/100 g) on coprophagy was examined. Mean frequency of coprophagy per animal per day was 9.6 when animals were fed on the basal diet, whereas the frequency was immediately and significantly ($p<0.05 \sim p<0.01$) reduced to 4.7 after the diet had been replaced by the fortified one. However, coprophagy was not completely inhibited by vitamin B₁₂ fortification. This indicates that some nutrient(s) in feces other than vitamin B₁₂ might be of use to the host, and that otherwise, coprophagy might be a basically habitual form of behavior. Furthermore, under the fortified diet, the frequency of coprophagy increased gradually. The cause of this was suspected to be alteration of the intestinal flora due to daily exposure to excessive vitamin B₁₂, affecting the nutritional status of the host.

マウス糞の栄養成分およびビタミン B₁₂ 強化飼料が マウスの Coprophagy に及ぼす影響について

海老野耕一・諏訪 富雄**・桑原 吉史**・斎藤 徹・高橋 和明*

(財)残留農薬研究所毒性部

* 日本獣医畜産大学実験動物学教室

** オリエンタル酵母工業株式会社中央研究所生物研究室

Morot [17] によりウサギにおける Coprophagy の報告がなされて以来、主としてウサギとラットにおいて栄

養学的観点から Coprophagy に関する実験が積み重ねられて来た。それらの結果、ウサギでは食糞の意義は蛋白

質、ビタミンB群 [7] そして灰分 [24] 等の栄養素の再吸収にあると考えられるに至った [10]。またラットではビタミンB群、ビタミンKおよび必須脂肪酸などの大腸内の細菌によって合成された栄養素の利用に不可欠の行為である事が Barnes [1] によって明らかにされた。Coprophagy はさらにスナネズミ [20]、トガリネズミ [13]、ビーバー [8]、マーモセット [14]、ウマ [6] および多くの野生ゲシ動物 [11] で観察されているが、今日生物実験に最も多用されているマウスについては、高橋らによる2, 3の報告があるに過ぎない。高橋らは、マウスは点灯後6～8時間の間にしばしば Coprophagy を行い [23]、その日内パターンは摂餌あるいは飲水行動のそれと同調していない事 [22] を明らかにした。本論文においてはマウスの Coprophagy の栄養学的な裏付けを得るため糞組成の分析を行い、さらにビタミン B₁₂ 強化飼料の Coprophagy に及ぼす影響について調べたので、得られた成績を報告する。

材料および方法

実験Ⅰ 糞の組成分析：動物は雄 ICR 系 SPF マウス（日本クレア株式会社）80匹で、4週齢から CA-1（日本クレア株式会社）を給与し13～15週齢（Ⅰ群）にかけて糞を採取した。さらに同じ動物に16週齢からは MF 固型飼料（オリエンタル酵母工業株式会社）を給与し、26～28週齢（Ⅱ群）および30週齢時に糞を採取した。糞採取時刻は、マウスの Coprophagy が高頻度に観察される7～11時と、対照的に殆ど観察されない午後7～11時（以下19～23時と略す）とし、採取後分析までの間、糞は-20℃にて保存した。動物には塩素で殺菌した井戸水を給水瓶から自由に摂取させた。給水瓶は1週間に1度更新した。動物はステンレス製金網ケージ（310 W×440 D×230 H mm）に10匹ずつ収容し、温度24±1℃、湿度55±10%、換気回数15回/時（オールフレッシュエアー方式）、照明時間14時間/日（午前5時点灯、午後7時消灯）に設定された飼育室で飼育した。分析は動物が13～15週齢（Ⅰ群）および26～28週齢（Ⅱ群）の

時は、一般成分、無機質、ビタミンA、E、B₁、B₂ および B₁₂ について行ない、動物が30週齢の時には、葉酸、パントテン酸、ビオチンおよびリノール酸について行なった。

分析は糞を凍結乾燥した後、以下の方法で実施した。水分、粗蛋白質、粗脂肪、粗灰分、粗繊維および可溶性無窒素物については、農林水産省制定の飼料分析基準 [21] に準じて行った。ビタミンAは吸光光度法 [19]、ビタミンEは高速液体クロマトグラフ法 [19]、ビタミンB₁ はチオクローム蛍光法 [19]、ビタミンB₂ はルミフラビン蛍光法 [19]、ビタミンB₁₂ は *Lactobacillus leichmanii* ATCC 7830 [19]、葉酸は *Streptococcus faecalis* ATCC 8043 [19]、パントテン酸およびビチオンは *Lactobacillus plantarum* ATCC 8014 [18] を用いる微生物定量法により測定した。リノール酸はガスクロマトグラフ法 [19] により測定した。Ca, Mg, Na, K, Fe, Zn および Mn はフレイム原子吸光法 [21]、P はバナドモリブデン酸アンモニウム法 [21] によって測定した。

実験Ⅱ ビタミン B₁₂ 強化飼料が Coprophagy に及ぼす影響：動物は雄 ICR 系 SPF マウス（日本クレア株式会社）4匹で、4週齢から MF 固型飼料を給与し16週齢で実験に供した。動物には塩素で殺菌した井戸水を給水瓶から自由に摂取させた。動物は金網床型ポリカーボネート製ケージ（92W×205D×127H mm）に個別収容し、実験Ⅰと同じ飼育室で飼育した。実験は MF 固型飼料（以下基礎飼料）を8日間動物に給与し、次いでビタミン B₁₂ 強化 MF 固型飼料（1,350μg/100g、以下強化飼料）を12日間与え、その後再び基礎飼料に戻すスケジュールで行った。この間動物を VTR により実験開始後7～8日、9～10日、15日、19～20日、21～22日および27～28日にかけて撮影した（Fig. 1）。暗期における撮影には赤外線投光機を使用した。Coprophagy の観察は後日テープを再生する事によって行い、1個の糞の半分以上を摂取した時に一回と記録した。またビタミン B₁₂ の糞中レベルを調べる為に同一週齢の雄 ICR 系 SPF マウス12匹をステンレス製金網ケージ（310 W×440 D×230 H mm）に収容し、上記と同じ実験条件で飼育した。糞

Fig. 1. Schedule of feeding and recording of animals

Table 1. Results of analysis of fecal constituents in male ICR mice fed two different diets

Constituent	Group I			Group II		
	Diet (CA-1)	Feces (0700-1100)*	Feces (1900-2300)*	Diet (MF)	Feces (0700-1100)*	Feces (1900-2300)*
Major components						
Moisture (g)	9.56	4.43	4.02	6.24	4.32	3.65
Crude protein (g)	29.79	20.28	17.59	26.19	22.87	18.07
Crude fat (g)	5.73	2.42	2.58	6.18	2.58	2.85
Crude ash (g)	8.95	26.10	26.14	6.88	21.29	22.09
Crude fiber (g)	4.15	13.30	13.91	3.38	13.36	13.25
Nitrogen-free extract (g)	51.39	37.91	39.78	57.37	39.90	43.74
Inorganic elements						
Ca (g)	1.99	6.53	6.63	1.23	5.16	5.21
P (g)	1.47	4.98	5.13	0.90	3.76	3.88
Mg (g)	0.35	1.20	1.20	0.31	0.95	0.91
Na (g)	0.45	0.26	0.29	0.29	0.19	0.20
K (g)	0.86	0.38	0.42	0.91	0.32	0.30
Fe (g)	0.032	0.13	0.13	0.016	0.062	0.061
Zn (mg)	6.44	24.55	24.96	5.38	23.41	24.51
Mn (mg)	11.60	45.70	45.51	6.66	25.29	26.78
Vitamins						
Vitamin A (I.U.)	1,230	320	260	350	150	170
E (mg)	10.29	14.64	19.44	8.33	20.13	26.04
B ₁ (mg)	2.21	1.03	0.70	1.83	1.10	0.60
B ₂ (mg)	1.51	1.74	1.06	1.15	2.17	1.16
B ₁₂ (μg)	4.2	520	300	3.7	730	380

Each constituent in the diet or feces is represented as the content in 100 g of dry matter, except for moisture.

Animals were 13 to 15 weeks old in group I and 26 to 28 weeks old in group II.

*; Numerals in parentheses show sampling time.

Table 2. Contents of some B vitamins and linoleic acid in the basal diet or feces in male ICR mice

Sample	Folic acid (mg/100 g)	Pantothenic acid (mg/100 g)	Biotin (μg/100 g)	Linoleic acid (g/100 g)
Basal diet	0.04	1.90	20.0	2.7
Feces (0700-1100)*	0.40	7.42	63.4	0.6
Feces (1900-2300)*	0.26	5.35	51.8	—

Each constituent in the diet or feces is represented as the content in 100 g of dry matter.

Animals were 30 weeks old.

*; Numerals in parentheses show sampling time. —; not analyzed.

は7～11時と19～23時に採取し、実験Ⅰと同じ方法で分析した。統計処理には Student の t-test を用いた。

成 績

実験Ⅰ 糞の組成分析：飼料と糞の栄養成分の組成分析結果を Table 1 に示した。

糞中粗蛋白質、粗脂肪および可溶性無窒素物はⅠ、Ⅱ

両群ともに飼料中の値と比べて低値であったが、粗灰分と粗繊維は逆に高値を示した。糞採取時刻での比較では、7～11時の糞中の粗蛋白質が、19～23時に対してⅠ、Ⅱ両群で高い傾向を示した。無機質については、Na と K を除き糞中では飼料中の約3～4倍の値を示した。Na と K は糞中で減少した。糞採取時刻でこれらの傾向に変化はなかった。ビタミン A、E、B₁、B₂ および B₁₂ の中では、糞中ビタミン B₁₂ の値が飼料のそれ

Table 3. Frequency of coprophagy in male ICR mice when fed basal diet or a vitamin B₁₂ fortified diet

Animal No.	Day of experiment	Basal diet		Vitamin B ₁₂ fortified diet						Basal diet			
		7	8	9	10	15	19	20		21	22	27	28
1		12,	12	7	4	3	6	9		7	11	8	7
2		5,	11	0	1	3	3	3		7	4	9	5
3		6,	11	3	6	3	6	4		8	5	5	2
4		10,	10	4	5	8	7	9		9	9	6	8
Mean $\pm$ S.E.		9.6 $\pm$ 1.0		3.8 $\pm$ 0.8***		4.3 $\pm$ 0.9**		5.9 $\pm$ 0.9*		7.5 $\pm$ 0.8		6.3 $\pm$ 0.8*	

*, **, ***; significantly different from the initial basal diet at 5, 1 and 0.1% level of probability, respectively

よりはるかに多く、他のビタミンは飼料との比較では特に大きな差異はみられなかった。ビタミン B₁₂ は 7～11 時の糞中レベルを飼料のレベルと比較すると、I 群では 124 倍、II 群では 197 倍であった。以上のごとく糞の栄養成分の組成に対し、市販飼料の種類あるいは動物の週齢は本質的に影響を及ぼすものではなかった。30 週齢で採取した糞の B 群のビタミンについてみると、飼料中の値よりいずれも高い値を示した (Table 2)。時刻で比較すると、7～11 時の値は 19～23 時の値より 22～54% 高値であった。リノール酸は飼料よりも糞中の値が低く 1/4 以下の濃度であった。以上の事から、糞とくに 7～11 時に得られたそれの中にはビタミン B₁₂ が豊富に含まれており、マウスの Coprophagy を栄養学的に裏づける最大要因の一つとしてビタミン B₁₂ の存在が示唆された。そこでビタミン B₁₂ 強化飼料を調製し、これがマウスの Coprophagy に及ぼす影響について実験 II で検討した。

実験 II ビタミン B₁₂ 強化飼料が Coprophagy に及ぼす影響: Coprophagy の観察成績は Table 3 に示す如くであった。基礎飼料給与時の平均食糞回数 $\pm$ 標準誤差は 9.6 $\pm$ 1.0 回であったが、強化飼料給与直後の 2 日間では 3.8 $\pm$ 0.8 回、7 日後では 4.3 $\pm$ 0.9 回そして 12 日後では 5.9 $\pm$ 0.9 回といずれも統計学的に有意な低値となった。再び基礎飼料に切り換えた直後 2 日間では 7.5 $\pm$ 0.8 回、1 週間後には 6.3 $\pm$ 0.8 回と増加傾向がみられた。また個体別に強化飼料給与中の平均食糞回数を、切り換え前の平均食糞回数に対する割合で見ると、個体 No. 1: 48%, No. 2: 25%, No. 3: 52%, No. 4: 66% といずれも大きく下回っていた。糞中のビタミン B₁₂ レベルを調べる為に同じスケジュールで飼育した 12 匹の動物については、実験期間中特に一般状態に変化は観察されず、体重にも飼料による影響は認められなかった。糞中のビタミン B₁₂ レベルを Fig. 2 に示した。基礎飼料給与時に

Fig. 2. Vitamin B₁₂ levels in feces

は、7～11 時の糞中ビタミン B₁₂ レベルは 19～23 時のほぼ 2 倍の水準にあって、Table 1 に示した結果とよく一致している。しかしながら強化飼料給与中は 7～11 時の糞中ビタミン B₁₂ は、19～23 時の約 3～4 倍の範囲で推移しており、これは大量のビタミン B₁₂ が吸収されないまま摂餌量に比例する形で排泄されたためと考えられた。行動の観察では、Coprophagy は点灯後 6～8 時間によく観察される傾向に変化は無く、動物はビタミン B₁₂ を大量に含む糞をよく摂取していた事になる。

考 察

実験 I で使用した飼料および動物の週齢のそれぞれの違いは、糞の一般成分や無機質に対して本質的に大きな

影響を及ぼすものではない事が明らかとなった (Table 1)。一方、糞と飼料のビタミン B 群の力価の比較において、数種のビタミンの糞中での力価は飼料よりも高値を示した。腸内細菌がビタミン B 群を産生する事に関しては古くから多数の報告 [2, 3, 15] があるので、本実験に供したマウスについてもその可能性は高いが、飼料中のビタミンが全く吸収されない場合には、粗繊維の値から判断して、糞には約 3～4 倍に濃縮されて排泄されると考えられる。従って糞中での力価を基に判断した場合、ビタミン B₁₂ と葉酸以外のビタミンについては、ただちに腸内細菌による合成があったとは判断できない。

しかし糞の採取時刻でそれぞれのビタミンの糞中力価を比較すると、マウスの食糞がしばしば観察される 7～11 時の方が、19～23 時よりも 22～92% 程度高かった。この理由としては、暗期に摂取する飼料が明期に比べて少なくとも 2～3 倍多い [4] 事に起因していると考えられる。すなわち腸内細菌によりビタミンが産生される場合、飼料はその培養基となる為、摂取量の多い暗期により多くのビタミンが作られる結果、明期の糞中には暗期のものより多くのビタミンが含まれる事が考えられる。別に著者らがビタミン B₁₂ の糞中力価の日内変動を調べた結果では、明期：5：00-8：00 は 200 μ g/100g (以下同じ)、8：00-11：00 は 200 μ g、11：00-15：00 は 240 μ g、15：00-19：00 は 230 μ g、暗期：19：00-22：00 は 110 μ g、22：00-1：00 は 130 μ g、1：00-5：00 は 230 μ g となり、暗期よりも明期に排泄された糞の中のビタミン B₁₂ の量が多い傾向にあった (Table 1. 中の B₁₂ の値を大きく下回るのは、動物の Lot、週齢、飼料の Lot、飼料中のビタミン B₁₂、コバルト含量、および分析精度の変動等の要因の関与が考えられる)。これらの事と腸内で合成されないビタミン A や E の動態を考え併せると、葉酸と B₁₂ 以外の B 群のビタミンも活性は弱いながら合成されていると考えられる。

マウスにおける Coprophagy を栄養の視点で考えると、ある栄養素 A が単位重量当り、飼料に対して糞中に 10 倍以上の力価で存在するときに、その意義が明瞭になると著者らは考えている。すなわち、いま栄養素 A の飼料中での力価を 1mg/100g、糞中での力価を 10mg/100g、1 日 1 匹当りの飼料摂取量を 4.5g、1 日 1 匹当りの糞摂取量を 112mg (1 個当りの平均糞重量 14mg $\times$ 1 日 1 匹当りの平均食糞回数 8 回) とすると、1 日 1 匹当りの A の摂取量は飼料より 0.045mg、糞より 0.0112mg となり、糞から得ている量を飼料で補う場合、1.12g (1 日の飼料摂取量の約 25%) を必要とし、この量を毎日余分に摂

り続ける事は殆ど不可能と考える。今回の分析の結果では、葉酸の糞中力価は飼料中のその約 10 倍、ビタミン B₁₂ は同様に 124～197 倍であり、両ビタミンが宿主の栄養に資している可能性が示唆された。しかし葉酸については腸内で合成された後吸収されるという報告がラットであり [3]、又力価も小さい事からマウスが Coprophagy によって主として得ている栄養素はビタミン B₁₂ である可能性が考えられた。ビタミン B₁₂ は胃幽门部壁細胞から分泌される内因子と結合し、ビタミン B₁₂ 内因子複合体の型で回腸下部の微絨毛に局在する受容体と結合して Pinocytosis によって吸収される事が知られている [5]。そのため、合成部位での吸収が殆どされないビタミン B₁₂ [2] を利用する場合 Coprophagy は不可欠の行為であり、すでにウサギ [12] とラット [2] においては Coprophagy によって宿主が腸内で合成されたビタミン B₁₂ を利用していると報告されている。

そこでビタミン B₁₂ 強化飼料の Coprophagy に及ぼす影響について検討したが、その結果は Table 3 に示した如くであり、強化飼料の給与により Coprophagy は速やかに抑制された。これはビタミン B₁₂ が動物体内で充足された結果であろうと推測された。しかし Coprophagy の抑制が不完全であった理由としては次のような可能性が考えられる。すなわち、ビタミン B₁₂ の他にも生体に有益に働く栄養素が糞中に存在する。あるいはまた、Coprophagy は個体の栄養要求に基づいて発動されるものであると同時に、基本的には生得的で習慣性の行為として営まれている。前者の栄養素としては、今回分析を行なわなかったビタミン類の外に、B₁₂ とともに核酸合成に関与する事が知られている葉酸 [9] が考えられ、今回の実験においても比較的糞中での力価は高かった。後者である事の確認には別に実験が必要である。

さらに強化飼料給与中に Coprophagy の頻度が漸増した事については、腸内細菌叢が飼料組成によって変動する [16] といわれている事から、連日大量のビタミン B₁₂ に暴露された腸内細菌叢に変化が生じ、それが宿主の栄養状態に影響を及ぼした結果であろうと推察された。

要 約

マウスにおける Coprophagy を栄養学的に検討するため糞を採取し、凍結乾燥した後成分分析を行った。糞は午前 7～11 時と午後 7～11 時 (19～23 時) に採取した。単位重量当りの比較で、糞には飼料に対し、粗蛋白質、粗脂肪および可溶性無窒素物が低値で検出され、一方、粗

灰分と粗繊維は3～4倍の濃度で検出された。これらの傾向に糞採取時刻で変化はみられなかった。ビタミンB群は7～11時の糞には19～23時の糞よりも22～92%程度多く含まれていた。飼料との比較ではビタミンB₁₂は7～11時の糞中には飼料に対し124～197倍(520～730 μ g/100g)の濃度で検出された。同様に葉酸は約10倍程度であった。この成績を基に、ビタミンB₁₂強化飼料(1,350 μ g/100g)がマウスのCoprophagyに及ぼす影響について検討した。強化飼料給与中は基礎飼料給与中に比べて、食糞回数は1日1匹当たり平均9.6回から4.7回へと、すみやかに且つ有意($P < 0.05 \sim P < 0.01$)に低下した。しかし、食糞行動が完全に抑制されなかった事は、Coprophagyによって得ている栄養因子にビタミンB₁₂以外のものも存在する可能性や、あるいはCoprophagyが基本的には習慣性の行為である可能性を示唆するものと考えられた。さらに強化飼料給与中に食糞回数が漸増したが、この理由については過剰のビタミンB₁₂に連日暴露された腸内細菌叢に変化が生じ、宿主の栄養状態に影響を及ぼした結果であろうと推察された。

終りに臨み、御指導、御校閲下さいました(財)残留農薬研究所毒性部長、白須泰彦博士に深謝致します。終始御援助をいただいたオリエンタル酵母工業株式会社、北村佐三郎博士に深謝致します。実験に協力していただいた(財)残留農薬研究所水海道研究所動物管理室の川勝尚夫、瀧澤芳夫、鈴木浩夫、堀江和明の各氏に感謝します。

文 献

- [1] Barnes, R. H. (1962). Nutritional implications of coprophagy. *Nutr. Rev.*, **20**, 289-291.
- [2] Barnes, R. H., and Fiala, G. (1957). Effects of the prevention of coprophagy in the rat. II. Vitamin B₁₂ requirement. *J. Nutr.*, **65**, 103-114.
- [3] Daft, F. S., McDaniel, E. G., Herman, L. G., Romine, M. K., and Hegner, J. R. (1963). Role of coprophagy in utilization of B vitamins synthesized by intestinal bacteria. *Federation Proc.*, **22**, 129-133.
- [4] 海老野耕一・大曾根義泰 (1983). 雌マウスの4日性周期、妊娠期および哺育期における体重、摂餌量、飲水量、排糞量の日内(明期、暗期)変動について、実験動物技術, **18**, 78-85.
- [5] 福井三郎 (1980). ビタミンB₁₂・ビタミン学[Ⅱ] 水溶性ビタミン, pp. 477-565. 日本ビタミン学会編, 東京化学同人, 東京.
- [6] Francis-Smith, K., and Wood-Gush, D. G. M. (1977). Coprophagia as seen in 65 thoroughbred foals. *Equine Vet. J.*, **9**, 155-157.
- [7] Huang, T. C., Ulrich, H. E., and McCay, C. M. (1954). Antibiotics, growth, food utilization and the use of chromic oxide in studies with rabbits. *J. Nutr.*, **54**, 621-630.
- [8] Ingles, L. G. (1961). Reingestion in the mountain beaver. *J. Mammal.*, **42**, 411-412.
- [9] 岩井和夫 (1980). 葉酸・ビタミン学[Ⅱ] 水溶性ビタミン, pp. 363-436. 日本ビタミン学会編, 東京化学同人, 東京.
- [10] 神立 誠・吉田 勉 (1960). 盲腸内消化について. 日農化誌, **34**, A17-23.
- [11] Kenagy, G. J., and Hoyt, D. F. (1980). Reingestion of feces in rodents and its daily rhythmicity. *Oecologia (Berl.)*, **44**, 403-409.
- [12] Kulwich, R., Struglia, L., and Pearson, P. B. (1953). The effect of coprophagy on the excretion of B vitamins by the rabbit. *J. Nutr.*, **49**, 639-645.
- [13] Loxton, R. G., Raffaelli, D., and Begon, M. (1975). Coprophagy and the diurnal cycle of the common shrew. *J. Zool., Lond.*, **177**, 449-453.
- [14] McIntosh, G. H., and Looker, J. W. (1982). Development of a marmoset colony in Australia. *Lab. Anim. Sci.*, **32**, 677-679.
- [15] Mickelsen, O. (1956). Intestinal synthesis of vitamins in the nonruminant. *Vitamins and Hormones*, **14**, 1-95.
- [16] 光岡知足 (1982). ヒトの健康における腸内菌叢の役割. 衛生化学, **28**, 43-59.
- [17] Morot, C. H. (1882). Des pelotes stomacales des leporides. *Mem. Soc. Centr. Med. Vet.*, **12**, Ser. 1.
- [18] 日本薬学会 (1980). ビタミン. 衛生試験法注解, pp. 195-233. 日本薬学会編, 金原出版(株), 東京.
- [19] 小原哲二郎・鈴木隆雄・岩尾裕之 監修 (1982). ビタミンの定量・改訂食品分析ハンドブック. pp. 302-367. 建帛社, 東京.
- [20] Schwenker, U. (1968). Care and maintenance of the Mongolian gerbil, I.L.A.R., National Academy of Science-National Research Council, p. 8.
- [21] 飼料分析基準研究会 (1983). 飼料分析基準注解. 飼料分析基準研究会編, 日本飼料協会.
- [22] Takahashi, K. W., Ebino, K. Y., Saito, T. R., and Imamichi, T. (1985). Strain difference in coprophagous behavior in laboratory mice (*Mus musculus*). *Zool. Sci.*, **2**, 249-255.
- [23] Takahashi, K. W., Saito, T. R., Suzuki, W., Katsuyama, M., Sakuma, S., Tauchi, K., Kawanishi, H., and Imamichi, T. (1983). Studies on coprophagy in the mouse. *Zool. Mag.*, **92**, 397-401.
- [24] Thacker, E. J., and Brandt, C. S. (1955). Coprophagy in the rabbit. *J. Nutr.*, **55**, 375-386.