— Note —

Lifelong Coprophagy in Male Mice

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 and Zootechnical College, Kyonan-cho
1-7-1, Musashino-shi, Tokyo 180, and **Feed and Nutrition
Research Laboratory, Oriental Yeast Co., Ltd., Azusawa
3-6-10, Itabashi-ku, Tokyo 174.*

(Received 24 September 1986/Accepted 25 March 1987)

Changes in coprophagy with age were investigated in male ICR mice during their life span. Sucklings showed coprophagy at 17 to 18 days old, i.e., a few days after they began to excrete feces autonomously. The number of fecal pellets ingested peaked at 5 to 6 weeks old (13 pellets/day) and gradually decreased, thereafter (2.1 pellets at 78 weeks old, 1.5 pellets at 104 weeks old). The diurnal pattern of coprophagy also changed with age. Growing mice showed vigorous coprophagous activity in both light and dark phases, whereas animals over 30 weeks old exhibited less activity in both phases, especially in the dark phase. Feces proved to be abundant in vitamin B₁₂ and folic acid throughout the life span. These results suggest that the frequency of coprophagy changes in association with the nutritional requirements of mice during the process of growth or aging.

雄マウスにおける coprophagy の生涯観察成績

海老野耕一・諏訪富男**・桑原吉史**・斎藤 徹・高橋和明*

飼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飼料研究所

coprophagy (食糞) は多くの動物種で認められる行動であるが、その生理学的意義に関する研究は専らウサギ [4, 5, 9] およびラット [1, 2, 6] を用いて行われてきた。われわれはマウスにおける coprophagy を行動および栄養生理の面から検討してきたが、これまでに coprophagy が点灯後の 6～8 時間の間に高頻度に行われ [8]、その日内発現パターンは摂餌および飲水行動のいずれとも同調していないこと [7] を報告した。今回はこのような

coprophagy の日内での変化とは別に、その生涯を通じての変化にも興味を持たれたので、マウスの coprophagy の発現時期および加齢に伴う変化について調べた。同時に糞の成分についても週齢を追って分析した。従来、他動物種においては本報告のような長期間にわたる coprophagy の観察は行われていない。

哺育14日から18日齢までは ICR 系マウスの雌雄を、4 週齢から 104 週齢にかけては雄のみを使用した。飼育

は温度 $24 \pm 1^\circ\text{C}$ 、湿度 $55 \pm 5\%$ 、換気回数15回/時（オールフレッシュエアー方式）、人工照明時間14時間/日（午前5時点灯、午後7時消灯）に設定されたセミバリアーシステムの動物室で行った。哺育仔はポリカーボネート製透明ケージ（ $215\text{W} \times 330\text{D} \times 180\text{H mm}$ ）に雌雄各4匹を母動物とともに収容した。4週齢以降では約100匹の動物をステンレス製金網ケージ（ $310\text{W} \times 440\text{D} \times 230\text{H mm}$ ）に10匹ずつ収容し、coprophagy 観察時には

この中から8匹の動物を無作為に選びポリカーボネート製透明ケージ（ $92\text{W} \times 205\text{D} \times 127\text{H mm}$ ）に個別収容した。ただし、4～10週齢にかけては同一動物を使用した。飼料にはオリエンタル酵母工業株式会社製固型飼料を用い、殺菌した井戸水とともに自由に摂取させた。

coprophagy は、哺育14日～18日齢にかけての5日間ならびに4、5、6、8、10、30、52、78および104週齢の各ステージではそれぞれ2～4日間にわたり連続して

Table 1. Frequency of coprophagy at different ages and number of feces excreted

Weeks of age	4	5	6	8	10	30	52	78	104
Frequency of coprophagy per mouse per day (Mean $\pm$ Standard error)	11.5 ± 1.8	13.0 ± 1.8	12.9 ± 1.3	11.0 ± 1.3	8.6 ± 1.3	4.3 ± 1.0	5.0 ± 1.1	2.1 ± 0.7	1.5 ± 0.7
No. of feces excreted* per mouse per day (Mean $\pm$ Standard error)	147 ± 10.1	—	—	—	106 ± 5.8	73 ± 10.2	44 ± 2.7	50 ± 3.6	46 ± 2.4

*; Values exclude the number of feces ingested by coprophagy

—; not examined

a: Mean frequency of coprophagy per day at corresponding age (with standard error)
Each bar represents mean frequency of coprophagy of 8 mice (mean of 2 or 3 days).

Fig. 1. Diurnal pattern of coprophagy in male ICR mice at different weeks of age

観察した。coprophagy の観察は、VTR により動物を連続撮影し、後日録画テープを再生し観察する事によって行った。動物が1個の糞の半分以上を摂取した場合に coprophagy 1回と記録した。暗期における撮影には赤外線投光機を利用した。また、26～30、48～52 および 100～104 週齢にかけて、毎日午前7～11時と午後19～23時の間に排泄された糞をそれぞれ採取して-30℃にて保存し、後日成分の分析を行った。分析項目は Table 2 に示した。分析方法についてはすでに報告した[3]。

マウスに生後初めて coprophagy が観察されたのは、17～18日齢にかけてであった。まず肛門に顔を近づけて排出された糞を口にくわえ、咀嚼した後に嚥下した。哺育仔の糞がトレー上に認められたのが15日齢頃であったことから、マウスにおける coprophagy は自律的な糞の排泄開始後、2～3日以内に始まることが分かった。

4 週齢以降における 1 日 1 匹当りの coprophagy の頻

度を排糞数とともに Table 1 に示した。最も coprophagy の盛んな時期は 5 週齢で平均13個の糞を食べていた。6 週齢においても12.9個と依然多いが、以後加齢に従い漸減する傾向を示し78および104週齢ではそれぞれ 2.1 個および 1.5 個となった。幼若時の coprophagy の活発な個体では、摂餌しながら反射的に排泄される糞を次々に食べる場合も観察された。逆に高齢になると coprophagy を全く行なわなくなる日が増え始め、78週および 104 週齢ではそれぞれ 8 匹中 5 匹および 6 匹に、3 日間の観察期間中に coprophagy を 1 度も行わない日が、少なくとも 1 日は認められた。1 日当りの糞の排泄数は幼若時ほど多い傾向にあったが、52週齢以降では安定していた。また総排泄数に対する coprophagy の割合は、3.2～10.2%であった。一方、coprophagy の日内発現パターンについて見ると、点灯後の 6～8 時間の間に coprophagy がしばしば行われ、さらにこの時間帯で点

Table 2. Analysis of fecal constituents in male ICR mice

Constituent	Diet (MF)	26~30 weeks old		48~52 weeks old		100~104 weeks old	
		Feces (0700-1100)*	Feces (1900-2300)*	Feces (0700-1100)*	Feces (1900-2300)*	Feces (0700-1100)*	Feces (1900-2300)*
Major components							
Crude protein (g)	26.19	22.87	18.07	22.96	21.78	23.32	20.95
Crude fat (g)	6.18	2.58	2.85	2.75	2.95	2.70	2.76
Crude ash (g)	6.88	21.29	22.09	20.24	19.92	20.15	20.31
Crude fiber (g)	3.38	13.36	13.25	11.22	12.14	11.43	12.77
Nitrogen-free extract (g)	57.37	39.90	43.74	42.83	43.21	42.40	43.21
Inorganic elements							
Ca (g)	1.23	5.16	5.21	5.14	5.12	5.19	5.33
P (g)	0.90	3.76	3.88	3.56	3.47	3.59	3.57
Mg (g)	0.31	0.95	0.91	0.80	0.82	0.74	0.76
Na (g)	0.29	0.19	0.20	0.31	0.32	0.24	0.22
K (g)	0.91	0.32	0.30	0.59	0.64	0.43	0.36
Fe (g)	0.016	0.062	0.061	0.051	0.046	0.058	0.057
Zn (mg)	5.38	23.41	24.51	21.37	22.86	20.79	20.80
Mn (mg)	6.66	25.29	26.78	24.66	24.39	22.87	23.05
Vitamins							
Vitamin A (I.U.)	350	150	170	<100	<100	<100	<100
E (mg)	8.33	20.13	26.04	20.4	21.4	17.6	18.8
B ₁ (mg)	1.83	1.10	0.60	1.00	1.10	0.31	0.28
B ₂ (mg)	1.15	2.17	1.16	1.46	1.14	1.57	1.18
B ₁₂ (μg)	3.7	730	380	460	320	450	350
Folic acid (mg)	0.04	0.40	0.26	0.65	0.52	0.78	0.64

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

*; Numerals in parentheses show sampling time.

灯後の約4時間の間にピークが現われる傾向が認められた。このパターンにも加齢に伴う変化が認められ、5週齢から10週齢にかけては暗期においても旺盛な coprophagy が観察されたが、30週齢以降では明暗期ともに coprophagy は低減し、特に暗期において顕著であった (Fig. 1)。

糞の成分を飼料のそれと比べると (Table 2), いずれの週齢においても粗蛋白質, 粗脂肪および可溶性無窒素物は飼料の値のそれぞれ69~89%, 42~48%および70~76%程度であった。逆に粗灰分と粗繊維は約3~4倍量に増加していた。Na と K を除いた糞中の無機質は飼料の約3~4倍の値に達していた。糞中の Na と K の量は、飼料の値のそれぞれ66~110, 33~70%程度であった。ビタミンの内、ビタミンAは糞中では飼料の50%未満に減少しており、ビタミンEは飼料の2~3倍の値に増加していた。ビタミンB₁ および B₂ は飼料の値と比べて大きな差異はなかった。ビタミンB₁₂は飼料の値に対し約100~200倍、葉酸は約6~20倍量に増加していた。26~30週齢マウスの7~11時に採取した糞中ビタミンB₁, B₂, B₁₂ および葉酸の値は19~23時の値より54~92%程度大きかったが、48~52週齢と100~104週齢においては時刻間での差が縮小する傾向にあった。

著者らは、マウスの coprophagy について検討を重ねているが、生涯を通じた推移についても知る必要があると考えて今回の実験を行った。その結果、成長期においては明期・暗期を通じて旺盛な coprophagy が観察されたが、加齢に伴って coprophagy は低減する傾向を示し、特に暗期においては著るしかった。一方、糞の成分ではビタミンB₁₂と葉酸が高濃度に含まれていた。両ビタミンを含め、他の糞中の成分値に30週齢から104週齢にかけて著るしい変動はなかった。

以上のことから、マウスの coprophagy の頻度は成長や老化の過程における栄養要求に基づいて変化することが示唆された。成長の著るしい4~10週齢にかけて coprophagy の亢進が認められたが、その原因については、他動物種での長期間に亘る coprophagy の成績が無いこともあって、不明である。しかしながら、その背景に成長ホルモンのような因子が関与しているのか否か興

味が持たれるところであり、今後検討すべき課題と考えている。

要 約

ICR系マウスにおける coprophagy の、成長・加齢に伴う変化を哺乳中から104週齢にかけて調べた。哺乳仔では自律的に排糞し始めた2~3日後の17~18日齢頃に coprophagy が認められた。5~6週齢では1日1匹平均約13個の糞を摂取しており、以後加齢とともに漸減し78週および104週齢では、それぞれ2.1個と1.5個となった。coprophagy の日内発現パターンにも週齢によって変化が認められ、成長期では明暗期ともに旺盛な coprophagy が観察されたが、30週齢以降では両期の、特に暗期における低減が著るしかった。糞中にはビタミンB₁₂と葉酸が高濃度に検出された。以上のことから、マウスの coprophagy の頻度は、成長や老化の過程における栄養要求に基づいて変化することが示唆された。

終りに臨み、御指導、御校閲下さいました財残留農業研究所 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。

文 献

- [1] Barnes, R.H. (1962). *Nutr. Rev.*, **20**, 289-291.
- [2] Daft, F. S., McDaniel, E. G., Herman, L. G., Romine, M.K., and Hegner, J.R. (1963). *Federation proc.*, **22**, 129-133.
- [3] 海老野 耕一・諏訪富男・桑原吉史・斎藤 徹・高橋和明 (1986). 実験動物, **35**, 381-386.
- [4] Huang, T. C., Urich, H. E., and McCay, C.M. (1954). *J. Nutr.*, **54**, 621-630.
- [5] Jilge, B. (1982). *Laboratory Animals.*, **16**, 7-11.
- [6] Neale, R.J. (1982). *Laboratory Animals.*, **16**, 204-207.
- [7] Takahashi, K.W., Ebino, K.Y., Saito, T.R., and Imamichi, T. (1985). *Zool. Sci.*, **2**, 249-255.
- [8] Takahashi, K.W., Saito, T.R., Suzuki, W., Katsuyama, M., Sakuma, S., Tauchi, K., Kawanishi, H., and Imamichi, T. (1983). *Zool. Mag.*, **92**, 397-401.
- [9] Thacker, E.J., and Brandt, C.S. (1955). *J. Nutr.*, **55**, 375-386.