飼料の構成と無菌ならびに有菌マウスの盲腸の重量および総窒素量

山中 聖 敬*, 齊 藤 宗 雄

Feed Constituents and the Fresh Weight or Total Nitrogen Content of the Cecum in Germ-free and Conventional Mice

Masanori Yamanaka* and Muneo Saito

J Jpn Soc Nutr Food Sci 52:157-162 (1999)

The influence of protein, methionine, a crystalline amino acid mixture, oil or cellulose in the diet and the method used for diet sterilization on the fresh weight or total nitrogen (N) content of the cecum was examined in germ-free (GF) and conventional (CV) mice. These results showed that the fresh weight of the cecum in GF mice was much higher than that of CV mice fed the same diet, whereas the total N content of the cecum was less in GF mice than in CV mice. The cecum of mice given an amino acid mixture as the N source was lighter than that of mice given a purified whole-egg protein diet as the N source. The effect of the diets on shrinkage of the enlarged cecum in GF mice was insignificant compared with the action of several microbes in the gastrointestinal tract of CV mice.

Key Words cecum of germ-free mice

(Received May 11, 1998; Accepted January 20, 1999)

無菌 (germ-free, 以下 GF) マウスの消化管, とくに盲腸は, 有菌あるいは普通の (conventional, 以下 CV) マウスのそれに比較して著しく膨張している。膨張した GF マウスの盲腸も, 微生物を感染させると, 短期間で CV と同じ程度の大きさとなるが, どの微生物がその役割を果たしているかは明らかでない。盲腸内容物の大部分は飼料由来と考えられるが, 栄養条件と盲腸の重量および成分組成との関係についての実験例は皆無に等しい。本実験は, GF と CV マウスに各種の飼料を一定期間給与し, 内容物を含む盲腸の重量および盲腸総窒素量に及ぼす飼料組成および飼料条件の影響を明らかにする目的で行われた。

各試験飼料の材料ならびに配合割合はそれぞれの表に記したが, いずれも, コバルト 60 の 50 kGy (5 Mrad) 照射で滅菌したあとマウスに給与した。各実験群に参考例として設けた Aut. CL-2 は GF マウスの維持・繁殖に用いている日本クレアの配合飼料 CL-2 を, 127°C, 30 分

オートクレーブして給与した群である。また, 同 CL-2 飼料は試験飼料の給与開始時まですべてのマウスに与えた。なお, 試験飼料に使った無機塩類混合物, ビタミン混合物および結晶アミノ酸混合物は前報¹⁾²⁾と同じものを用いた。4 週齢でオスの ICR 系 GF および CV マウスを, カンナ屑を床敷としたプラスチックケージに 6 匹以内の群飼いと, 各試験飼料あるいは Aut. CL-2 飼料を 8 週齢までの 4 週間自由摂取させた。8 週齢のマウスをエーテル麻酔で殺処分し, 殺処分直後の体重ならびに内容物を含む盲腸の重量を測定した。盲腸の乾物重量は 105°C で乾燥し測定をしたあと, 内容物を含んだ盲腸の総窒素量をセミクロケルダール法で測定した。実験成績は平均値±標準誤差で表し, 各試験ごとに, 二元配置法で消化管内微生物有無の影響, 給与飼料の影響を検索, 同種の飼料を摂取した GF と CV マウスの間, 各摂取飼料間の有意差検定 (*F* 検定) も行った。なお, 表 6 においてはマウスの系統の及ぼす影響についても上記と同じ

* 連絡・別刷請求先 (Corresponding author)

財団法人実験動物中央研究所 (216-0001 神奈川県川崎市宮前区野川 1430)

Central Institute for Experimental Animals, 1430 Nogawa, Miyamae-ku, Kawasaki 216-0001, Japan

表1 飼料中の精製全卵タンパク質含有量と無菌・有菌マウスの盲腸重量および総窒素量¹⁾

飼料	盲腸の重量 (g) ¹⁾		盲腸の総窒素量 (mg) ¹¹⁾	
	GF	CV	GF	CV
WE 8.48	6.2±0.17 ^a	1.7±0.06 ^{#a}	28.4±1.1 ^a	34.9±0.9 ^{#a}
WE 10.6	6.0±0.36	1.4±0.07 ^{#b}	27.9±0.7 ^a	33.1±1.3 ^{#a}
WE 12.72	5.4±0.17 ^b	1.5±0.06 ^{#b}	31.3±0.8 ^b	38.7±1.3 ^{#b}
WE 14.84	6.0±0.17 ^a	1.2±0.09 ^{#c}	30.6±0.4 ^b	36.9±1.3 ^{#b}
Aut. CL-2	7.1±0.36 ^c	1.7±0.06 ^{#a}	47.0±0.8 ^c	60.8±2.3 ^{#c}
A	0.38	(0.94)	0.89	(15.41 ^{**})
F 値 B	168.5 ^{**}	(177.7 ^{**})	8.81 [*]	(12.82 ^{**})
A×B	0.39	(0.43)	0.05	(0.49)

数値は平均値±標準誤差。 $n=8-11$ 。¹⁾ 4週齢から8週齢まで試験飼料を摂取させた ICR 系 GF・CV マウスを、8週齢時にエーテル麻酔で殺処分し、殺処分直後の体重を測定後開腹し、盲腸の重量および総窒素量の測定に供した。

¹¹⁾ 殺処分直後の体重 100 g 当たり換算の内容物を含む盲腸の新鮮重量。¹¹¹⁾ 内容物も含めた盲腸乾物 1 g 当たり換算総窒素量。GF, 無菌 (germ-free) マウス; CV, 有菌 (conventional) マウス。飼料: 精製全卵タンパク質 (purified whole-egg protein, 以下 WE) を 8.48, 10.6, 12.72 または 14.84% の 4 種の飼料にトウモロコシ油 7.0%, 粉末濾紙 4.0%, 無機塩類混合物 4.0%, ビタミン混合物 1.5% ずつ加え, WE 量の違いはトウモロコシデンブンの添加量で調整した。[#] 同種の飼料を摂取した GF マウスと有意差 ($p<0.05$)。^{a,b} など, 異なる肩文字を有する飼料の間で有意差 ($p<0.05$)。A, 飼料の影響; B, 消化管内微生物有無の影響; A×B, A と B の交互作用。^{*} $p<0.05$, ^{**} $p<0.001$ 。() 内数値は Aut. CL-2 飼料群も加えて求めた F 値。

表2 飼料中のミルクカゼイン・DL-メチオニン含有量と無菌・有菌マウスの盲腸重量および総窒素量¹⁾

飼料	盲腸の重量 (g) ¹⁾		盲腸の総窒素量 (mg) ¹¹⁾	
	GF	CV	GF	CV
Cas 16+Met	6.6±0.30	1.6±0.06 ^{#a}	29.2±0.7 ^a	36.8±1.1 ^{#a}
Cas 18+Met	6.5±0.17 ^a	1.4±0.07 [#]	29.7±0.4 ^a	37.3±0.8 ^{#a}
Cas 20+Met	6.8±0.23	1.6±0.05 ^{#a}	31.8±0.6 ^b	37.6±1.2 ^{#a}
Cas 22+Met	6.6±0.17	1.6±0.05 ^{#a}	32.9±0.6 ^b	38.3±0.9 ^{#a}
Cas 22	7.6±0.49 ^b	1.5±0.05 [#]	30.1±0.5 ^a	38.5±1.1 ^{#a}
Aut. CL-2	7.0±0.33	1.4±0.03 ^{#b}	44.1±0.7 ^c	63.3±1.2 ^{#b}
A	0.15	(0.11)	1.92	(23.20 ^{**})
F 値 B	198.7 ^{**}	(227.4 ^{**})	28.18 ^{**}	(47.96 ^{**})
A×B	0.17	(0.16)	1.40	(0.96)

数値は平均値±標準誤差。 $n=8-9$ 。飼料: ミルクカゼイン (以下 Cas) 16.0%+DL-メチオニン (以下 Met) 0.178%, Cas 18.0%+0.200%, Cas 20.0%+Met 0.222%, Cas 22.0%+Met 0.244%, Cas 22.0% の 5 種の飼料にトウモロコシ油, その他を表 1 と同量加え, Cas+Met 量の違いはトウモロコシデンブンの添加量で調整した。[#] 同種の飼料を摂取した GF マウスと有意差 ($p<0.05$)。^{a,b} など, 異なる肩文字を有する飼料の間で有意差 ($p<0.05$)。A, 飼料の影響; B, 消化管内微生物有無の影響; A×B, A と B の交互作用。^{*} $p<0.05$, ^{**} $p<0.001$ 。() 内数値は Aut. CL-2 飼料群も加えて求めた F 値。その他, 飼育試験法等は表 1 に準ずる。

操作をした。ところで, 表 6 には ICR 系以外に C₃H/HeN および NC 系マウスを用いた実験成績も加えた。なお, 表 3, 6, 9 の ICR 系 GF マウスと表 1, 2, 4, 5, 8 の ICR 系 GF マウスは由来が異なるものである。つまり, 表 3, 6, 9 のマウスはアイソレータ内での継代が長く, やや近交化が進行したマウスであった。

GF マウスの盲腸の重量は, 表 1 から 9 の全例で, 同種の飼料を摂取した CV マウスの盲腸より重かった。有意差はないが AA 含有量の増加にともなって GF, CV 両マウスの盲腸重量が軽くなった (表 3)。表 4 に Oil 含有量の影響について示した。GF マウスでは Oil 含有量と盲腸重量との間に明らかな関係が認められなかった。た

だ, CV マウスでは Oil 0 群が最も軽く Oil 含有量の増加につれて重くなった。飼料中の cellulose 含量の影響 (表 5) はなかった。ただ, GF マウスの盲腸重量は含有量の増加にともなって軽くなる傾向が, また, CV マウスでは 0 群が最小であった。マウスの系統および飼料窒素源を異にしたマウス盲腸への影響は表 6 に示した。ICR 系では GF マウスで, 3 系統それぞれの CV マウスで AA 飼料群の盲腸重量が軽くなった。表 6 の盲腸重量を系統間で比較 (表 7) したところ, GF, CV マウスとも AA+WE 飼料群では 3 系統間に差がなかったが, Aut. CL-2 飼料群では GF, CV 両マウスで, 3 系統相互間に差を認めた。配合前の WE あるいは Oil にコバルト 60 を照射したか

表 3 飼料中の結晶アミノ酸混合物含有量と無菌・有菌マウスの盲腸重量および総窒素量¹⁾

飼 料	盲腸の重量 (g) ⁱⁱ⁾		盲腸の総窒素量 (mg) ⁱⁱⁱ⁾	
	GF	CV	GF	CV
AA 8.93	3.5±0.14 ^a	1.2±0.09 ^{#a}	26.3±1.1 ^a	42.6±1.1 ^{#a}
AA 11.9	3.0±0.25 ^a	1.0±0.07 ^{#a}	24.6±0.8 ^a	47.3±3.6 ^{#a}
AA 14.88	2.7±0.18 ^b	0.9±0.10 ^{#a}	25.4±0.7 ^a	48.9±3.5 ^{#a}
Aut. CL-2	4.4±0.19 ^c	1.7±0.07 ^{#b}	38.8±1.3 ^b	73.7±2.6 ^{#b}
A	1.38	(5.39*)	0.16	(8.90**)
F 値 B	55.20**	(87.93**)	27.95**	(50.21**)
A×B	0.30	(1.13)	0.34	(1.27)

数値は平均値±標準誤差。 $n=5-6$ 。飼料：WE と同じアミノ酸組成をもつ結晶アミノ酸混合物 (crystalline amino acid mixture, 以下 AA) を 8.93, 11.9, 14.88% 含有の 3 種の飼料に、トウモロコシ油その他を表 1 と同量加え、AA 量の違いはトウモロコシデンプンの添加量で調整した。[#]同種の飼料を摂取した GF マウスと有意差 ($p<0.05$)。^{a,b} など、異なる肩文字を有する飼料の間で有意差 ($p<0.05$)。A, 飼料の影響；B, 消化管内微生物有無の影響；A×B, A と B の交互作用。 $*p<0.05$, $**p<0.001$ 。() 内数値は Aut. CL-2 飼料群も加えて求めた F 値。その他、飼育試験法等は表 1 に準ずる。

表 4 飼料中のトウモロコシ油含有量と無菌・有菌マウスの盲腸重量および総窒素量¹⁾

飼 料	盲腸の重量 (g) ⁱⁱ⁾		盲腸の総窒素量 (mg) ⁱⁱⁱ⁾	
	GF	CV	GF	CV
Oil 0	6.3±0.27 ^a	1.5±0.05 ^{#a}	23.8±0.8 ^a	38.1±0.6 ^{#a}
Oil 3.5	4.7±0.17 ^b	1.6±0.05 ^{#a}	27.2±0.8 ^b	38.2±0.8 ^{#a}
Oil 7.0	5.1±0.14 ^b	1.7±0.06 ^{#b}	29.6±1.1 ^c	35.9±0.9 ^{#b}
Oil 10.5	6.0±0.40 ^a	1.8±0.06 ^{#b}	41.4±2.9 ^d	36.7±0.9 ^{#a}
Aut. CL-2	7.1±0.18 ^c	1.6±0.05 ^{#a}	44.3±1.9 ^d	64.4±1.2 ^{#c}
A	0.93	(1.62)	1.64	(11.42**)
F 値 B	94.01**	(88.76**)	5.89*	(13.49**)
A×B	0.88	(1.66)	2.23	(2.65)

数値は平均値±標準誤差。 $n=8-10$ 。飼料：トウモロコシ油 (corn oil, 以下 Oil) を 0, 3.5, 7.0, 10.5% 含有の 4 種の飼料に、WE を 10.6% ずつ、粉末濾紙その他は表 1 と同量加え、Oil の量の違いはトウモロコシデンプンの添加量で調整した。[#]同種の飼料を摂取した GF マウスと有意差 ($p<0.05$)。^{a,b} など、異なる肩文字を有する飼料の間で有意差 ($p<0.05$)。A, 飼料の影響；B, 消化管内微生物有無の影響；A×B, A と B の交互作用。 $*p<0.05$, $**p<0.001$ 。() 内数値は Aut. CL-2 飼料群も加えて求めた F 値。その他、飼育試験法等は表 1 に準ずる。

表 5 飼料中の粉末濾紙含有量と無菌・有菌マウスの盲腸重量および総窒素量¹⁾

飼 料	盲腸の重量 (g) ⁱⁱ⁾		盲腸の総窒素量 (mg) ⁱⁱⁱ⁾	
	GF	CV	GF	CV
Cellulose 0	8.4±0.69	1.5±0.06 ^{#a}	36.0±1.1 ^a	44.9±0.7 ^{#a}
Cellulose 2	8.1±0.25 ^a	1.7±0.05 ^{#b}	33.4±0.7 ^a	41.6±0.6 ^{#b}
Cellulose 4	7.6±0.20	1.7±0.05 ^{#b}	33.5±0.6 ^a	40.4±1.0 ^{#b}
Cellulose 6	7.7±0.24	1.8±0.06 ^{#b}	30.5±0.6 ^b	37.2±0.6 ^{#c}
Cellulose 8	7.4±0.27	1.8±0.06 ^{#b}	29.7±0.6 ^b	34.8±0.5 ^{#d}
Aut. CL-2	7.1±0.22 ^b	1.6±0.08 ^{#a}	44.8±1.0 ^c	61.6±1.8 ^{#e}
A	0.08	(0.17)	4.16*	(15.62**)
F 値 B	142.1**	(184.9**)	25.87**	(32.04**)
A×B	0.20	(0.22)	0.22	(1.21)

数値は平均値±標準誤差。 $n=9-12$ 。飼料：粉末濾紙 (cellulose powder, 以下 Cellulose) を、0, 2, 4, 6, 8% 含有の 5 種の飼料に、Cas を 22.0, Met を 0.244% ずつ、トウモロコシ油その他は表 1 と同量加え、Cellulose 量の違いはトウモロコシデンプンの添加量で調整した。[#]同種の飼料を摂取した GF マウスと有意差 ($p<0.05$)。^{a,b} など、異なる肩文字を有する飼料の間で有意差 ($p<0.05$)。A, 飼料の影響；B, 消化管内微生物有無の影響；A×B, A と B の交互作用。 $*p<0.05$, $**p<0.001$ 。() 内数値は Aut. CL-2 飼料群も加えて求めた F 値。その他、飼育試験法等は表 1 に準ずる。

表 6 窒素源として結晶アミノ酸混合物または精製全卵タンパク質、それに、両者の併用物を用いた飼料を摂取した無菌・有菌マウスの盲腸重量および総窒素量¹⁾

系 統	飼 料	盲腸の重量 (g) ¹⁾		盲腸の総窒素量 (mg) ¹⁾	
		GF	CV	GF	CV
ICR	AA	2.7±0.10 ^a	1.0±0.07 ^a	24.8±0.5 ^a	41.4±2.2 ^a
	AA+WE	3.3±0.19 ^b	1.3±0.12 ^b	26.4±0.3 ^b	43.5±1.8 ^a
	WE	3.7±0.25 ^b	1.1±0.06 ^b	29.4±0.9 ^b	49.3±2.7 ^b
	Aut. CL-2	4.3±0.14 ^c	1.7±0.06 ^c	47.8±1.9 ^c	66.0±1.2 ^c
	A	0.72	(2.19)	0.68	(8.17 ^{**})
	F 値 B	28.70 ^{**}	(49.04 ^{**})	15.82 ^{**}	(22.31 ^{**})
	A×B	0.45	(0.54)	0.05	(0.04)
C ₃ H/HeN	AA	3.2±0.12 ^a	0.9±0.04 ^a	26.1±0.9 ^a	38.7±1.6 ^a
	AA+WE	3.2±0.17 ^a	1.1±0.06 ^b	26.8±0.9 ^a	48.7±2.0 ^b
	WE	3.6±0.18 ^b	1.1±0.06 ^b	29.5±0.6 ^b	37.0±3.2 ^a
	Aut. CL-2	5.2±0.17 ^c	1.2±0.05 ^b	53.8±0.7 ^c	78.4±2.9 ^c
	A	0.32	(3.75)	0.52	(14.76 ^{**})
	F 値 B	50.06 ^{**}	(94.31 ^{**})	9.40 [*]	(15.98 ^{**})
	A×B	0.16	(2.37)	0.85	(0.91)
NC	AA	4.1±0.18 ^a	0.7±0.04 ^a	32.1±1.2 ^a	46.9±3.3 ^a
	AA+WE	3.7±0.27 ^a	1.1±0.07 ^b	35.3±1.0 ^a	41.9±4.1 ^a
	WE	4.3±0.29 ^a	0.9±0.04 ^c	37.4±1.1 ^b	42.2±3.0 ^a
	Aut. CL-2	8.8±0.46 ^b	1.5±0.05 ^d	46.1±1.9 ^c	79.1±2.5 ^b
	A	0.06	(7.10 [*])	0.01	(4.37 [*])
	F 値 B	42.58 ^{**}	(66.22 ^{**})	1.79	(7.02 [*])
	A×B	0.35	(4.33 [*])	0.22	(1.33)

数値は平均値±標準誤差。ICR 系と C₃H/HeN 系：n=10-12, NC 系：n=10-13。飼料：AA 9.51%, AA 4.76%+WE 4.24%, WE 8.48%含有の3種の飼料に、トウモロコシ油その他を表1と同量加え、AA あるいは WE 量の違いはトウモロコシデンプンの添加量で調整した。[#] 同種の飼料を摂取した GF マウスと有意差 ($p<0.05$)。a^b など、異なる肩文字を有する飼料の間で有意差 ($p<0.05$)。A, 飼料の影響；B, 消化管内微生物有無の影響；A×B, A と B の交互作用。^{*} $p<0.05$, ^{**} $p<0.001$ 。() 内数値は Aut. CL-2 飼料群も加えて求めた F 値。その他、飼育試験法等は表1に準ずる。

表 7 窒素源として結晶アミノ酸混合物または精製全卵タンパク質、それに、両者の併用物を用いた飼料を摂取した ICR, C₃H/HeN, NC 系無菌・有菌マウスにおける盲腸重量および総窒素量の系統間比較¹⁾

	飼 料	GF マウス			CV マウス		
		I : C	I : N	C : N	I : C	I : N	C : N
盲腸の重量 ¹⁾	AA	Sig.	—	Sig.	—	Sig.	—
	AA+WE	—	—	—	—	—	—
	WE	—	—	—	—	Sig.	Sig.
	Aut. CL-2	Sig.	Sig.	Sig.	Sig.	Sig.	Sig.
	A	0.59	(12.53 ^{**})		1.31	(4.67 [*])	
	F 値 B	1.20	(7.78 ^{**})		1.10	(1.60)	
	A×B	0.17	(3.02 [*])		0.11	(0.36)	
盲腸の総窒素量 ¹⁾	AA	—	Sig.	Sig.	—	—	—
	AA+WE	—	—	Sig.	—	—	—
	WE	—	Sig.	Sig.	Sig.	—	—
	Aut. CL-2	Sig.	—	Sig.	—	—	—
	A	1.85	(24.09 ^{**})		0.07	(8.85 ^{**})	
	F 値 B	7.46 [*]	(2.67)		0.14	(0.09)	
	A×B	0.06	(1.23)		0.35	(0.49)	

I, ICR 系マウス；C, C₃H/HeN 系マウス；N, NC 系マウス。A, 飼料の影響；B, マウスの系統の影響；A×B, A と B の交互作用。^{*} $p<0.05$, ^{**} $p<0.001$ 。() 内数値は Aut. CL-2 飼料群も加えて求めた F 値。Sig., 同種の飼料を摂取したマウスの系統間に有意差。その他、飼育試験法等は表1および6に準ずる。

表 8 精製全卵タンパク質およびトウモロコシ油へのコバルト 60 前照射の有無と、それらを用いた飼料を摂取した無菌・有菌マウスの盲腸重量および総窒素量¹⁾

飼 料	盲腸の重量 (g) ¹¹⁾		盲腸の総窒素量 (mg) ¹¹¹⁾	
	GF	CV	GF	CV
I・WE+NI・Oil	5.4±0.38 ^a	1.7±0.07 ^{#a}	30.0±0.9 ^a	32.2±1.3 ^a
NI・WE+I・Oil	6.5±0.47 ^a	1.7±0.06 ^{#a}	30.2±1.1 ^a	35.6±0.8 ^{#b}
I・WE+I・Oil	6.3±0.47 ^a	1.6±0.05 ^{#a}	32.8±1.1 ^b	37.9±0.5 ^{#c}
NI・WE+NI・Oil	5.0±0.15 ^b	1.4±0.05 ^{#b}	29.6±0.6 ^c	37.2±0.9 ^{#b}
Aut. CL-2	7.0±0.43 ^c	1.6±0.07 ^{#a}	44.2±1.4 ^d	61.8±1.9 ^{#d}
A	0.47	(0.57)	0.89	(17.11 ^{**})
F 値 B	55.50 ^{**}	(75.00 ^{**})	7.71 [*]	(15.19 ^{**})
A×B	0.30	(0.45)	0.37	(1.75)

数値は平均値±標準誤差。 $n=8-9$ 。飼料：前もってコバルト 60 を 50 kGy 照射した (irradiated, 以下 “I”) I・WE, I・Oil, 照射処理をしなかった (non-irradiated, 以下 “NI”) NI・WE または NI・Oil をタンパク質あるいは脂質源とし, I・WE+NI・Oil, NI・WE+I・Oil, I・WE+I・Oil, NI・WE+NI・Oil の 4 種の組合せを設け, I または NI・WE 10.6%, I または NI・Oil 7.0%, 粉末濾紙 4.0%, 無機塩類混合物 4.0%, ビタミン混合物 1.5%, トウモロコシデンプン 72.9% の割合で調製した。なお, 上記 NI・Oil および I・Oil の酸価ならびに脂肪酸組成の一部は以下のとおりであった。酸価 NI・Oil, 0.21; I・Oil, 0.85。脂肪酸組成は $C_{18}:1$ では NI・Oil, 28.4%; I・Oil, 36.2%, $C_{18}:2$ では NI・Oil, 56.3%; I・Oil, 48.0%。[#] 同種の飼料を摂取した GF マウスと有意差 ($p<0.05$)。^{a,b} など, 異なる肩文字を有する飼料の間で有意差 ($p<0.05$)。A, 飼料の影響; B, 消化管内微生物有無の影響; A×B, A と B の交互作用。^{*} $p<0.05$, ^{**} $p<0.001$ 。() 内数値は Aut. CL-2 飼料群も加えて求めた F 値。その他, 飼育試験法等は表 1 に準ずる。

表 9 滅菌処理方法の異なる飼料を給与した無菌・有菌マウスの盲腸重量および総窒素量¹⁾

飼 料	盲腸の重量 (g) ¹¹⁾		盲腸の総窒素量 (mg) ¹¹¹⁾	
	GF	CV	GF	CV
Irrad. CL-2	3.6±0.07 ^a	1.4±0.05 ^{#a}	30.8±0.7 ^a	57.3±1.9 ^{#a}
Aut. CL-2	4.3±0.16 ^b	1.7±0.14 ^{#b}	52.8±0.9 ^b	76.4±1.5 ^{#b}
A	1.87		23.33 ^{**}	
F 値 B	45.52 ^{**}		34.55 ^{**}	
A×B	0.25		0.11	

数値は平均値±標準誤差。 $n=10-11$ 。CL-2 飼料：天然原料を主に配合した市販飼料で粗タンパク質 24.4%, 粗脂肪 5.3%, 粗繊維 4.6% (いずれも平均分析値)。Irrad.: コバルト 60 を 50 kGy 照射した放射線滅菌, Aut. 127°C 30 分の高圧蒸気滅菌。[#] 同種の飼料を摂取した GF マウスと有意差 ($p<0.05$)。^{a,b} など, 異なる肩文字を有する飼料の間で有意差 ($p<0.05$)。A, 飼料の影響; B, 消化管内微生物有無の影響; A×B, A と B の交互作用。^{**} $p<0.001$ 。その他, 飼育試験法等は表 1 に準ずる。

否かの影響を調べた表 8 では, GF, CV マウスともに NI・WE+NI・Oil 飼料摂取群が最も軽い盲腸となった。飼料の滅菌処理方法の違いが盲腸重量に及ぼす影響を調べた表 9 では, GF, CV マウスともに, Irrad. CL-2 飼料群が Aut. CL-2 群よりやや軽い盲腸であった。盲腸重量に及ぼす消化管内微生物の有無と飼料の影響を二元配置法で検索した結果, 消化管内微生物の影響は明らかであったが, 飼料の影響が認められる例は少なかった。

生物体の構成成分で最も多いのは水分であろう。表として示していないが内容物も含めた盲腸の水分含有率は 75%前後で, GF と CV の間にほとんど差がなかった。GF ラットの小腸や盲腸の筋層は CV に比較して伸びて薄かったとする報告³⁴⁾からも, 本実験の GF マウスにおいても水も含めた多量の内容物を, 盲腸に留めるためには, 筋層を伸ばさざるを得なかった (本実験では筋層の厚みは測定しなかった), であろうと考えられる。本実験の GF マウスでは経験しなかったが, GF マウス・ラット

が実験・研究に使われるようになった初期のころ, ときに, 軟便が話題になったし, GF ラットの消化管下部内容物中に多量の水分が貯留されていたとする報告⁵⁾⁶⁾もあった。結論は今後に待つべきだが, GF マウスでは, より多くの水が留まったために盲腸が重くなったのではなく, 水以外の, 主に, 飼料由来の内容物も多量に貯留しているものと考えられる。

GF と CV マウス間および摂取飼料間で, 盲腸の構成成分に差があるか否かを知りたいと考え, 本実験では乾物 1 g 当り換算の内容物も含めた盲腸の総窒素量を調べた。盲腸総窒素量に及ぼす消化管内微生物の有無と飼料の影響とを二元配置法で検索した結果, ほとんどの例で影響が認められた。GF マウスの盲腸総窒素量は同種の飼料を摂取した CV マウスよりも全例で低値であった。CV マウスの盲腸の内容物中には微生物そのものと微生物の代謝産物も加わり GF マウスよりは窒素濃度が高くなる。さらに, 内容物より窒素含有割合が高いと見

られる盲腸実質の窒素の占める割合が、内容物の量が少ないため GF におけるより高くなる等, CV マウスが GF より高窒素量となる条件がそろっていた。

表1と2では WE および Cas+Met 含有量の増加にともなって高窒素量となる傾向を認めたが、表3の AA 飼料群では明らかでなかった。飼料窒素含量は同一とし Oil 量のみを変えた飼料の例(表4)では、Oil 含有量の増加にともなって GF マウスの盲腸窒素量は高くなったが、CV はむしろ逆であった。飼料窒素レベルが同一にもかかわらず、Oil 含有量にともなって、GF マウスの盲腸総窒素量が増加し、CV では変化がないか減少の傾向となり、Oil 10.5%の場合は GF の盲腸総窒素量が CV のそれを逆転した。GF マウスは微生物を欠くため、飼料 Oil 含有量が高くなると、胃から始まる消化管内での窒素成分の吸収が阻害され、その結果、内容物も含めた盲腸の窒素量が高くなったのかもしれない。飼料窒素含有量は同一で cellulose 量のみを変えた表5では、cellulose 含有量の増加につれて GF, CV 両マウスの盲腸総窒素量は低くなった。考え得る理由の一つに、cellulose 以外の飼料成分は消化・吸収されて、盲腸に達したときには減少するが cellulose 量はほとんど変化しないと考えられる。つまり、分母の乾物のうちの内容物では、摂取飼料の cellulose 含量に比例して、窒素を含まない cellulose の量が多くなっていった結果とも考えられる。マウスの盲腸総窒素量に及ぼす飼料窒素源の種類の影響を3系統のマウスを用いて検討し、表6に示した。GF マウスでは AA<AA+WE<WE 飼料の順に高窒素となったが、CV では明らかな傾向を認めなかった。表6の成績を各飼料ごとに、系統間の比較(表7)をしたところ、C₃H/HeN 系と NC 系 GF マウスとの間で、4種の飼料すべてにおいて、盲腸の総窒素量に差があった。飼料の滅菌処理方法を異にした例(表9)では、Aut. CL-2 摂取 GF, CV マウスが Irrad. CL-2 群より高窒素量であった。GF マウスの飼育にあたって飼料の滅菌は不可欠で、飼育・繁殖の場で広く用いられているのがオートクレーブ処理である。同じ CL-2 飼料でも Irrad. CL-2 摂取で、GF, CV マウスの盲腸重量ならびに総窒素量は Aut. CL-2 群よりも小さい値となった。飼料はオートクレーブ処理の熱によってメイラード反応を呈し、Aut. CL-2 飼料では栄養成分の損失が考えられ、消化・吸収されなかった飼料成分が、Irrad. CL-2 飼料群におけるよりも多く盲腸に貯留した可能性が考えられる。WE および Oil に放射線前処理をした試験群を設けたのは、放射線処理が飼料中の脂質に何らかの影響を及ぼすのではないかと考えたからであった。オートクレーブ処理に比較して栄養成

分の損失は少ないが、放射線処理をした飼料は異臭ともいえる独特の臭気を有する。つまり、I・WE と I・Oil は配合前に 5 kGy の照射、配合後にもう一度 5 kGy と他の試験飼料の2倍の放射線を受けた。なお、NI・Oil と I・Oil の酸価、脂肪酸組成の一部の検査成績を表8の脚註に記した。顕著ではなかったが NI・Oil 含有飼料を摂取した GF マウスの盲腸重量が軽くなった。各試験群に参考例として設けた、粗タンパク質含量約24%の Aut. CL-2 飼料摂取群の窒素量は、GF, CV 両マウスの全例で他の試験飼料群より高かった。

GF マウスの消化管とくに盲腸は著しく膨張しているが、給与する飼料内容による変動を調べた。その結果、飼料中のタンパク質をアミノ酸混合物に置き換えた飼料を摂取した GF マウスの盲腸重量等に変化が認められた。すなわち、飼料の効果は、CV マウスの消化管内に存在している多種多様の微生物の作用—推定ではあるが、たとえば、盲腸筋肉の収縮促進—に比べ微々たるものであることが示された。

本実験の AA 飼料に用いた、結晶アミノ酸をご恵与いただいた協和発酵工業株式会社に謝意を表します。

文 献

- 1) 山中聖敬, 亀高正夫 (1993) 普通および無菌マウスにおける細断濾紙を床敷に用いる飼育方式での糞・尿の採取と窒素代謝量の測定. 日本栄養・食糧学会誌 **46**, 507-11.
- 2) 山中聖敬, 亀高正夫 (1993) 2種類の窒素源飼料を摂取した普通および無菌マウスにおける代謝性糞窒素量の測定. 日本栄養・食糧学会誌 **46**, 512-6.
- 3) Kenworthy R (1967) Influence of bacteria on absorption from the small intestine. *Proc Nutr Soc* **26**: 18-23.
- 4) 浅井淳平, 鷺見幸子, 宮川正澄 (1974) 無菌および自然ラット腸粘膜の形態—ことに回腸と盲腸における差異を中心に. 無菌生物 **4**, 7-9.
- 5) Combe E, Penot E, Charlier H, Sacquet E (1965) Metabolism in germ-free rats. Some nitrogenous compounds, sodium, and potassium in the contents of the digestive tract. Nucleic acids in some tissues. *Ann Biol Anim Biochem Biophys* **5**: 189-206.
- 6) Gordon HA, Pesti L (1974) The gnotobiotic animal as a tool in the study of host microbial relationships. *Bact Rev* **35**: 390-429.

(1998年5月11日受付, 1999年1月20日受理)