

# 高コレステロール食投与ラットの成長と消化管の性状に及ぼすアルギン酸塩類の影響

誌名	日本大学農獣医学部学術研究報告
ISSN	00780839
著者	西出, 英一 原口, 能成 山本, 幸利
巻/号	51号
掲載ページ	p. 108-113
発行年月	1994年3月

## Effects of Alginate on Growth and Gastrointestinal Characteristics in Rats Fed High-Cholesterol Diet

Eiichi NISHIDE<sup>1</sup>, Yoshinari HARAGUCHI<sup>1</sup>, Yukitoshi YAMAMOTO<sup>1</sup>, Toshihide NOHARA<sup>1</sup>,  
Hirosi ANZAI<sup>1</sup> and Naoyuki UCHIDA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Lab. Marine Biochemistry, <sup>2</sup>Lab. Marine Molecular Biology, Coll. Agr. & Vet. Med., Nihon Univ.,  
34-1, Shimouma 3 chome, Setagaya-ku, Tokyo 154

(Accepted Dec. 4, 1993)

**Abstract:** Effects of alginate on the growth and gastrointestinal characteristics of rats were investigated using Sprague-Dawley males given diets containing 3% of alginate together with 0.5% of cholesterol and 0.25% of sodium cholate. The kind of metal associated alginic acid (H-Alg) was found to be important with regards to the growth and some characteristics of gastrointestinal tract.

- 1) Growth of rats fed sodium alginate (Na-Alg) or calcium alginate (Ca-Alg) was superior to that of the H-Alg fed rats.
- 2) The feed efficiency of H-Alg group was significantly lower than the control group.
- 3) Water intake of H-Alg group was significantly higher than the control group.
- 4) The feces excreted by H-Alg group contained high moisture. Feces of these groups became harder in the order of Ca-Alg, H-Alg and Na-Alg. Feces hardness was not necessarily correlated with the moisture content.
- 5) The cecum weights of H-Alg, Na-Alg and Ca-Alg groups were significantly larger than the control group.

Key words: Alginate, Growth, Gastrointestinal characteristic, Dietary fiber, Rat

### 高コレステロール食投与ラットの成長と消化管の 性状に及ぼすアルギン酸塩類の影響

西出 英一<sup>1</sup>・原 口 能 成<sup>1</sup>・山 本 幸 利<sup>1</sup>  
野 原 敏 秀<sup>1</sup>・安 齋 寛<sup>1</sup>・内 田 直 行<sup>2</sup>

日本大学農獣医学部 <sup>1</sup>水産生物化学研究室 <sup>2</sup>水産分子生物学研究室

(1993年12月4日受理)

最近、食品中に含まれる多糖類を主体とした難消化性成分が食物繊維の名のもとに大きな関心を集めるようになった。食物繊維は特異な生理作用を持ち、成人病の予防や制御のために有効であることが明らかになったからである<sup>1)</sup>。

海藻多糖も食物繊維に分類されている<sup>2)</sup>。日本人が好んで食べる海藻にマコンブ (*Laminaria japonica*)

やワカメ (*Undaria pinnatifida*) などがあり、これら海藻にはアルギン酸 (H-Alg) が含まれている。H-Alg は分子中にカルボキシル基を含み、カルボキシル基に結合する金属塩の種類によって水溶性や不溶性になる。食物繊維としての H-Alg の研究は H-Alg<sup>3)</sup> やアルギン酸ナトリウム<sup>4,5)</sup> (Na-Alg) 等個々について行われているが、カルボキシル基に結合する金属塩の種類に

についての比較検討はない。そこで、H-Alg, Na-Alg およびアルギン酸カルシウム (Ca-Alg) の3種類を高コレステロール飼料に添加してラットに投与し、ラットの成長と消化管の性状に及ぼす影響について検討した。

## 実験方法

### 1. アルギン酸塩類

Na-Alg [粘度100cp, (1%水溶液20°C) M/G比=1.5] は *Ascophyllum nodosum* から抽出されたノルウェー・プロタン社製品を用いた。H-Alg は Na-Alg を脱塩し、Ca-Alg は H-Alg をカルシウム塩に変換したものをを用いた。

### 2. 供試動物

3週齢の Sprague-Dawley 系雄ラットを日本クレア株式会社より購入した。

### 3. 給与飼料

給与飼料の組成を Table 1 に示した。すなわち標準飼料, 対照飼料および試験飼料の3種で、標準飼料はコレステロールと胆汁酸ナトリウムを含まない飼料, 対照飼料は標準飼料中の蔗糖の一部を0.5%のコレステロールと0.25%の胆汁酸ナトリウムによって代替したコレステロール飼料, 試験飼料は対照飼料の蔗糖の一部を3%の H-Alg, Na-Alg および Ca-Alg で代替した飼料である。

### 4. 試験実施方法

ラットの飼育には実験動物環境制御装置 (昭和科学傑製) を用いた。装置内は気温24°C, 湿度60%に保ち、照

明はタイマーによる午前7時点灯, 午後7時消灯の1日12時間の明暗サイクルとした。

ラットはステンレス金網製の個別ケージ内で標準飼料を用いて1週間給与し、成長に異常のないラットのみを各群の平均初体重が等しくなるように配分した。1群6頭とし、標準飼料, 対照飼料および試験飼料を与えて2週間試験した。飼料および水は自由摂取とした。試験期間中は毎日定時刻に体重, 飼料摂取量および飲水量を測定した。糞は毎日採取し湿重量を、凍結乾燥後乾重量を測定した。試験最終日に12時間絶食させた後エーテル麻酔を行い、消化管を摘出し重量を測定した。内容物を除去後、生理食塩水で洗浄、濾紙で余分の水分を除き再度、重量を測定した。

### 5. 統計処理方法

実験で得られた数値は各々の平均値および標準誤差を求め、平均値の差の Student の *t* 検定を行った。

## 実験結果および考察

### 1. 体重, 飼料摂取量および飲水量

成長曲線を Fig. 1 に、体重, 飼料摂取量および飲水量を Table 2 に示す。

実験開始時、各群の体重が大体同じなのにも係わらず、H-Alg, Na-Alg および Ca-Alg を3%添加して2週間試験した結果を成長曲線よりみると、Na-Alg と Ca-Alg の添加は成長に差を及ぼさなかったが、H-Alg では成長が悪かった。体重増加量も対照に比べて有意 ( $p < 0.05$ ) に低かった。飼料摂取量および飼料効率は標準、

Table 1 Ingredient composition (%) of experimental diets

Ingredient	S <sup>2)</sup>	C <sup>2)</sup>	H-Alg <sup>2)</sup>	Na-Alg <sup>2)</sup>	Ca-Alg <sup>2)</sup>
Casein	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
DL-Methionine	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Mineral mixture <sup>1)</sup>	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
Vitamin mixture <sup>1)</sup>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Choline bitartrate	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Cellulose powder	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Corn starch	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
Olive oil	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Sucrose	53.00	52.25	49.25	49.25	49.25
Cholesterol	-	0.50	0.50	0.50	0.50
Sodium cholate	-	0.25	0.25	0.25	0.25
Alginic acid	-	-	3.00	-	-
Sodium alginate	-	-	-	3.00	-
Calcium alginate	-	-	-	-	3.00
Total	100	100	100	100	100

1) AIN-76 Standards; *J. Nutr.*, **107**, 1340-1348 (1977).

2) S; Standard, C; Control, H-Alg; Alginic acid, Na-Alg; Sodium alginate, Ca-Alg; Calcium alginate

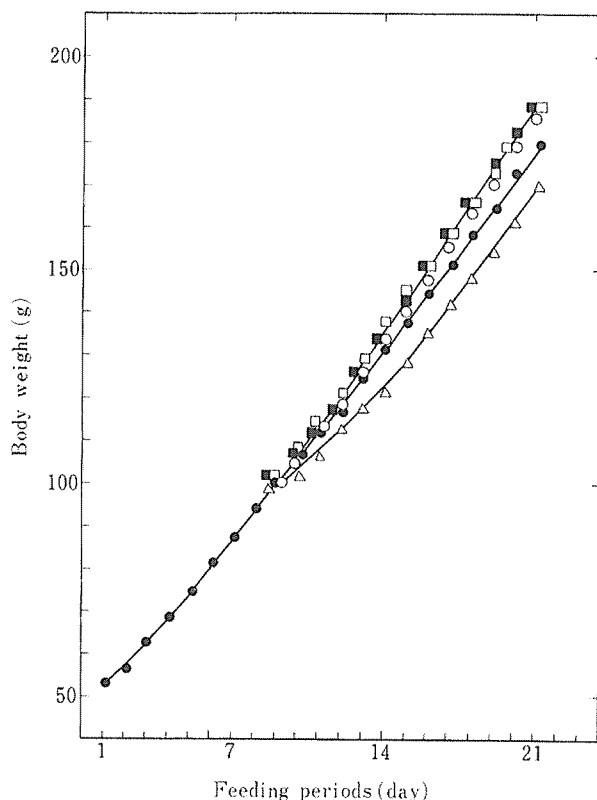


Fig. 1 Growth curve of rats fed a diet containing alginates.

Three-week-old Male SD rats were individually housed in stainless steel wire-bottomed cages, and kept under controlled environmental conditions. Temperature and humidity were 24°C and around 60%, respectively, illumination was on a 12h light-dark cycle (0700 to 1900 h) throughout the experimental period.

During the first week, the rats were fed the standard diet as shown in Table 1, and the animals without abnormalities in growth were used for the experiment. The animals were allotted to 5 groups being equivalent average body weights. Each group (6 animals) was fed with the experimental diets as shown in Table 1 for a further 2 weeks. Water was taken *ad libitum*.

● : Standard    ○ : Control    △ : H-Alg    □ : Na-Alg    ■ : Ca-Alg

Table 2 Body weight gain, feed intake and water intake of experimental rats

Group <sup>1)</sup>	Body weight gain (g)	Feed intake (g)	Body weight gain / Feed intake (%)	Water intake (g)	Water intake / Feed intake (%)
S	85.8±3.9 <sup>2)</sup>	203.9±7.8	42.1±1.1	272.3±17.2	134.3±9.1
C	91.7±2.6	203.5±2.0	45.0±1.0	276.7±14.8	135.5±7.4
H-Alg	75.9±4.1* <sup>3)</sup>	196.4±8.3	38.6±1.0*	462.3±40.5*	234.1±13.3*
Na-Alg	93.2±4.4	206.9±5.1	45.0±1.4	302.4±14.6	146.2±6.5
Ca-Alg	95.0±1.6	219.7±1.9*	43.2±0.7	294.3±19.0	133.8±8.4

1) Abbreviations, see footnote 2 in Table 1.

2) Values are means ± SE (n=6).

3) Significantly different against the control group ( $p < 0.05$ ).

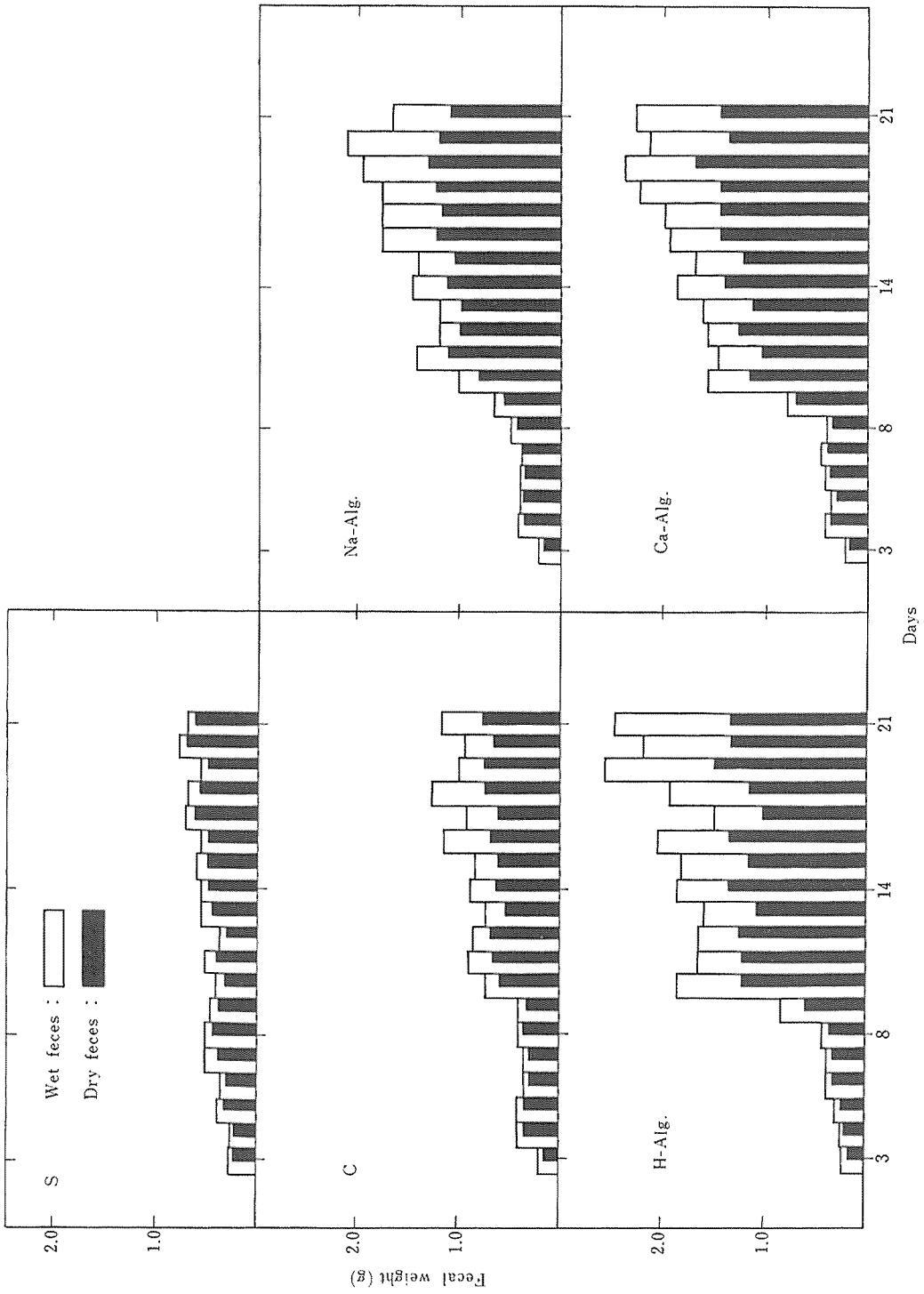


Fig. 2 Fecal weight of rats fed the experimental diets.

Table 3 Amount and moisture content of feces in experimental rats

Group <sup>1)</sup>	Fecal wet weight (g/13 days)	Fecal dry weight (g/13 days)	Moisture content (%)
S	6.451±0.415 <sup>2)</sup>	5.604±0.406	13.38±1.53
C	11.153±1.095	7.677±0.406	29.35±4.55
H-Alg	23.549±0.860 <sup>*3)</sup>	14.932±0.498 <sup>*</sup>	36.50±1.21
Na-Alg	18.757±0.884 <sup>*</sup>	13.127±0.769 <sup>*</sup>	30.04±1.89
Ca-Alg	22.537±0.974 <sup>*</sup>	15.746±0.230 <sup>*</sup>	29.72±1.96

1) Abbreviations, see footnote 2 in Table 1.

2) and 3) See footnote 2 and 3 in Table 2.

Table 4 Properties of fecal excretion in experimental rats

Group <sup>1)</sup>	Fecal dry weight <sup>4)</sup> (g/day)	Number of feces excreted <sup>4)</sup> (pellets/day)	Condition of evacuation <sup>5)</sup> (g/100 pellets)
S	0.563±0.047 <sup>2)</sup>	9.3±1.2	6.302±0.379
C	0.721±0.078	14.5±2.4	5.245±0.526
H-Alg	1.274±0.096 <sup>*3)</sup>	27.5±1.2 <sup>*</sup>	4.625±0.263
Na-Alg	1.034±0.123 <sup>*</sup>	27.7±3.5 <sup>*</sup>	3.756±0.201 <sup>*</sup>
Ca-Alg	1.373±0.122 <sup>*</sup>	25.7±2.3 <sup>*</sup>	5.389±0.249

1), 2), 3) See footnotes in Table 1 and 2.

4) Measured on the last day of experimental period.

5) Condition of evacuation = Fecal dry weight / Number of feces excreted × 100.

Table 5 Weight of gastrointestinal tract in experimental rats.

	S <sup>1)</sup>	C <sup>1)</sup>	H-Alg <sup>1)</sup>	Na-Alg <sup>1)</sup>	Ca-Alg <sup>1)</sup>
Empty body weight (BW), g	166.3±5.0 <sup>2)</sup>	173.9±1.6	159.9±3.6 <sup>*3)</sup>	172.3±3.4	179.8±1.6 <sup>*</sup>
Carcase weight (CW), g	141.8±4.7	144.0±1.7	130.8±3.0 <sup>*</sup>	140.0±2.1	146.5±1.2
CW/BW, %	85.2±0.4	82.8±0.6	81.8±0.4	81.3±0.6	81.7±0.3
Stomach, mg	1162±59	1482±115	1296±240	1785±78	1692±167
Stomach/BW, %	0.71±0.05	0.85±0.06	0.83±0.18	1.04±0.04	0.94±0.09
Small intestine, mg	5682±197	7354±437	6814±172	7224±172	8010±229
Small intestine/BW, %	3.42±0.08	4.22±0.22	4.27±0.14	4.20±0.08	4.46±0.10
Cecum, mg	1640±120	1893±158	2710±348 <sup>*</sup>	3169±265 <sup>*</sup>	2735±142 <sup>*</sup>
Cecum/BW, %	0.99±0.06	1.09±0.09	1.69±0.20 <sup>*</sup>	1.84±0.16 <sup>*</sup>	1.52±0.09 <sup>*</sup>
Large intestine, mg	1575±101	1441±100	1693±51	1763±157	1411±22
Large intestine/BW, %	0.95±0.07	0.83±0.05	1.06±0.04	1.03±0.09	0.79±0.01
Weight of cecum content					
Cecum, mg	1239±107	1401±146	2210±334 <sup>*</sup>	2609±221 <sup>*</sup>	2256±160 <sup>*</sup>

1), 2), 3) See footnotes in Table 1 and 2.

対照および Na-Alg 群に差はなかったが、Ca-Alg 群は飼料摂取量は多いが飼料効率が低い。H-Alg 群は飼料摂取量が少なく飼料効率も低い。

飲水量は H-Alg, Na-Alg および Ca-Alg 群は対照に比べて多く、飲水率 (飲水量 (g) ÷ 飼料摂取量 (g) ×

100) は標準、対照および Ca-Alg 群は僅差であった。

H-Alg と Na-Alg 群は高い値を示したが、H-Alg 群は対照に対して有意 ( $p < 0.05$ ) に高かった。

## 2. 糞量

糞排泄の経日変化を Fig. 2 に示した。標準群は糞の

乾・湿重量の差は少ないが、H-Alg, Na-Alg および Ca-Alg 群は糞の排泄が多く、乾・湿重量の差も大きくなった。

糞の含水率を求めたのが Table 3 である。H-Alg, Na-Alg および Ca-Alg の添加によって乾燥量で対照の約 2 倍量の糞の排泄が認められた。糞含水率は H-Alg が最も多く、対照, Na-Alg および Ca-Alg は近似していた。

試験最終日の糞重量と糞の粒数を Table 4 に示した。H-Alg, Na-Alg および Ca-Alg の添加では対照に比較して粒数が有意 ( $p < 0.05$ ) に増加し、ラットの腸管において糞の造粒形成が活発であることを示した。中永ら<sup>6)</sup>によると、糞 100 粒あたりの重量が重いほど、硬い糞であるとしている。本実験では、標準群の糞が最も硬く、Ca-Alg, 対照, H-Alg, Na-Alg 群の順に低下したが、Na-Alg 群は有意差 ( $p < 0.05$ ) を持つ低下であった。

### 3. 消化管重量

消化管重量と H-Alg, Na-Alg および Ca-Alg との関係は Table 5 に示す。

一般にペクチンなどの水溶性食物繊維は盲腸重量を増大させることが知られている<sup>7)</sup>。H-Alg, Na-Alg および Ca-Alg の添加によって盲腸重量は対照に比べて有意 ( $p < 0.05$ ) に増加した。盲腸内容物量も H-Alg, Na-Alg および Ca-Alg 添加により有意に増加し、盲腸重量と比例する傾向を示した。

## 要 約

Sprague-Dawley 系雄ラットをもちいて、コレステロール 0.5% と胆汁酸ナトリウム 0.25% を含む飼料に H-Alg, Na-Alg および Ca-Alg を 3% 添加して給与し、ラットの成長と消化管の性状に及ぼす影響を検討した。

ラットの成長と消化管の性状に及ぼす H-Alg 金属塩の影響は極めて大であることがわかった。

1. 成長は Na-Alg と Ca-Alg の添加では同じであっ

たが、H-Alg の添加では低かった。

2. 飼料効率は H-Alg 群が有意に低かった。

3. 飲水量は H-Alg 群が有意に高かった。

4. 糞含水率は H-Alg 添加の場合に高かった。糞の硬さは Ca-Alg 群が最も硬く、ついで、H-Alg, Na-Alg 群であった。糞の硬さと糞の含水率とは必ずしも対応しなかった。

5. H-Alg, Na-Alg および Ca-Alg 群の盲腸重量は有意に増大した。

## 文 献

- 1 印南 敏, 1982: 食物繊維研究の歴史, 「食物繊維. 印南 敏, 桐山修八編」, (第一出版(株), 東京), pp. 1-7.
- 2 印南 敏, 1982: 食物繊維の分類. 「食物繊維. 印南 敏, 桐山修八編」, (第一出版(株), 東京), pp. 10-11.
- 3 FAHRENBACH, M, J., RICCARDI, B, A, and GRANT, W, C., 1966: Hypocholesterolemic Activity of Mucilaginous Polysaccharides in White Leghorn Cockerels. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, **123**, 321-326.
- 4 辻 啓介, 大島寿美子, 松崎悦子, 中村敦子, 印南敏, 手塚朋通, 鈴木慎次郎, 1968: 多糖類とコレステロール代謝 (第 1 報) コンニャク粉・アルギン酸およびペクチンについて. *栄養学雑誌*, **26**, 113-122.
- 5 ITO, K. and TSUCHIYA, Y., 1972: The effect of algal polysaccharides on the depressing of plasma cholesterol levels in rats. *Proc. 7th. Int. Seaweed Symp.*, 558-561.
- 6 中永征太郎, 弥益あや, 佐藤孜郎, 高橋正侑, 坂本広司, 1991: ラットの排便に及ぼす食餌のエネルギー・食物繊維比の影響. *日本栄養・食糧学会誌*, **44**, 279-285.
- 7 BROWN, R, C., KELLEHER, J. and LOSOWSKY, M. S., 1979: The effect of pectin on the structure and function of the rat small intestine. *Br. J. Nutr.*, **42**, 357-365.