

# ラットのミネラル代謝および血清脂質に 及ぼすひじきの影響

竹内 若子

## Effect of Hijiki (*Hijikia fusiforme*) on Mineral Metabolism and Serum Lipids in Rats

Wakako TAKEUCHI

### 目 的

古来日本人の間で親しまれてきたひじきは、現在その利用度は多いとはいえないが、成人病の増加に伴ない低エネルギー食品であることや食物繊維に富むことなどから見直されつつある。一方、ひじきはヨウ素 (I)、カルシウム (Ca)、カリウム (K)、ナトリウム (Na) などが多く含まれており、これらミネラルの給源としての栄養的価値が高いと考えられるが、その利用効率についての報告は少ない。本実験ではラットを用い Ca 源としてひじきを混入した食餌で飼育し、Ca、マグネシウム (Mg)、リン (P)、Na、K の出納および血清のこれらミネラル量に及ぼす影響をみた。

また、ひじきの血清コレステロールおよびトリグリセライド値に及ぼす効果についても若干の検討を試みた。さらに乳汁の Ca は吸収がよいとされていることから、脱脂乳を用い比較検討をした。

### 試料および実験方法

#### 1. 実験試料

- 1) ひじき：市販干ひじき (シマウマ印) を 80% 以上が 28 メッシュ (590  $\mu\text{m}$ ) を通るように粉碎をくり返し、この粉末試料を用いた。
- 2) 脱脂粉乳：市販スキムミルク (雪印) を 80°C 30 分間ほど乾燥させたあと乳鉢にて粉碎し、100 メッシュ (149  $\mu\text{m}$ ) を通したものをを用いた。
- 3)  $\text{CaCO}_3$ ：市販試薬特級  $\text{CaCO}_3$  (米山薬品) をそのまま用いた。

#### 2. 飼料組成

上記の試料を Ca 源とする各群の飼料組成を表 1 に示し、Ca を除去したミネラル混合の組成は表 2 に示した。なお、 $\text{CaCO}_3$  投与群は対照区とした。試験食を投与する前の普通飼料 (4 日間投与) と低 Ca 飼料 (7 日間投与) の組成は表 3 に示すとおりである。

#### 3. 飼育方法

生後 7 週齢の Sprague-Dawley (S.D 系)、雌ラット 18 匹 (初体重  $148 \pm 4.2 \text{ g}$ ) を 6 匹 1 グループとして、ひじき投与群・スキムミルク投与群・ $\text{CaCO}_3$  投与群 (対照区) の 3 群に分けて飼育した。いずれの群にも飼料中に Ca として 0.3% を含有するように各々の試料を添加し、自由

表1 試験食の飼料組成

成分	区分	(g/100g)		
		ひじき投与群	スキムミルク投与群	CaCO <sub>3</sub> 投与群
コーンスターチ		49.2	48.0	58.3
カゼイン		16.7	16.3	20.0
大豆油		12.5	12.2	15.0
ひじき		18.3	—	—
スキムミルク		—	18.7	—
CaCO <sub>3</sub>		—	—	0.75
* ミネラル混合		2.5	2.4	3.0
** ビタミン混合		0.83	0.81	1.0
セルロース		—	1.6	2.0

\* Ca を除去したもので表2 に組成を示した

\*\* オリエンタル配合

表2 Ca 除去 ミネラル混合の組成

ミネラル	100g中の組成(g)
NaCl	9.3
MgSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O	14.6
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	19.6
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	50.6
FeC <sub>6</sub> H <sub>5</sub> O <sub>7</sub> · nH <sub>2</sub> O	6.5

摂取法により図1のような日程で飼育したあと24時間あたりの尿および糞を集め、Caおよび他のミネラル(P, Mg, Na, K)の分析を行った。また、軽いエーテル麻酔を施した後、頸動脈を切断して採血し血清を分離して血清ミネラル、トリグリセライド(TG)および総コレステロール(T-CH)の分析も行った。

表3 普通飼料および低Ca飼料の組成

成分	飼料	(g/100g)	
		普通飼料	低Ca飼料
コーンスターチ		59	59
カゼイン		20	20
大豆油		15	15
ミネラル混合		3*	3**
ビタミン混合		1	1
セルロース		2	2

\* : ハーパー配合組成

\*\* : Ca 除去 ミネラル組成

#### 4. 実験方法

##### 1) 尿および血中ミネラルの測定

P: 100 ml 容ポリ三角フラスコ内に24時間尿を集め、尿沈渣等溶解のため2 N-HCl 2.5 mlを加えたあと全量を50 mlとし東洋沱紙No.6にて沱過した。これをさらに各々希釈後、一

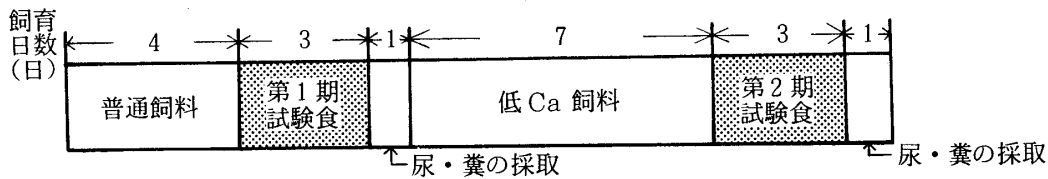


図1 飼育日程

定量 (1.0 ml) を用いて中村の変法<sup>1)</sup>により無機リンの定量をした。

Ca, Mg, K, Na : P と同様に処理した検体について Ca, Na, K は炎光法で, Mg については原子吸光法により定量した。血清ミネラルの Ca, Na, K は, 第一化学薬品 K.K 製の血液用炎光分析用混合標準液を使用し, 柴田・北村の法<sup>2)</sup>に基いて測定した。なお, 装置はいずれも日立 208 型原子吸光度計を用いた。

## 2) 糞中ミネラルの測定

代謝ケージにて集めた 24 時間排泄の糞全量を約 1 日風乾後, 乾式灰化 (500~550°C) し 1% 塩酸試料溶液とした。P は尿と同様に吸光法で比色定量し, Ca, Na, K はミネラル濃度 2~10 ppm になるよう適宜希釈した後, 炎光法で, Mg は原子吸光法により定量した。

## 3) 血清トリグリセライドおよび総コレステロールの測定

血清を分離後, 直ちに TG は TG-GN キット (日本商事 K.K) による酵素法で, T-CH はコレステロール B テストワコーキット (和光純薬工業 K.K) による o-フタルアルデヒド法で各々比色定量した。

## 4) 飼料中のミネラル測定

乾式灰化後, 1% 塩酸試料溶液としたあと P は, バナドモリブデン酸吸光法<sup>3)</sup>で, Ca, Na, K は炎光法, Mg は原子吸光法により定量した。

## 結果および考察

### 1. 飼料中のミネラル量

飼育群別の配合飼料のミネラル分析値は表 4 のとおりで, Ca 含有量はひじき投与群, スキムミルク投与群, CaCO<sub>3</sub>群いずれもほぼ同量であった。

表 4 飼料中のミネラル量

(mg / 投与量)

飼育区分	ミネラル	Ca	Mg	P	Na	K
ひじき投与群		59.5	34.8	89.2	131.7	233.9
スキムミルク投与群		60.6	14.7	135.7	96.8	183.5
CaCO <sub>3</sub> 投与群		61.6	9.3	88.5	65.3	104.9
普通飼料		73.8	6.4	62.5	69.1	67.2
低Ca飼料		2.2	9.6	79.1	67.3	101.3

### 2. 飼料の摂取状況と体重変化

各群の飼育期間における飼料の摂取量は表 5 に, 体重の変化は表 6 に示した。いずれも各群間に有意差は認められなかったが, 飼育期間を通してスキムミルク投与群は他の

表5 飼料の摂取状況

(g/匹/日)

飼育区分	投与飼料	普通飼料	第1期試験食	低Ca飼料	第2期試験食
ひじき投与群		11.4	11.6	13.6	10.6
スキムミルク投与群		9.9	12.0	13.0	9.6
対照 (CaCO <sub>3</sub> )		12.3	11.5	13.4	12.2

表6 体重の変化

(g/匹 n=6)

飼育区分	飼育日数	0日	5日	8日	19日
ひじき投与群		148.0 ± 1.7	160.4 ± 2.0	175.7 ± 2.5	202.6 ± 4.3
スキムミルク投与群		148.1 ± 2.0	157.7 ± 3.3	169.3 ± 4.0	196.3 ± 4.5
対照 (CaCO <sub>3</sub> )		148.0 ± 1.9	163.0 ± 1.5	174.0 ± 2.3	203.2 ± 4.1

数値は平均値±SE

2群と比較して飼料の摂取量が少なめであり、これが体重増加を低めた一因と思われる。

### 3. ミネラル排泄量

第一期ならびに第2期試験後の尿中、糞中におけるミネラル排泄量は表7のとおりであった。尿中Ca排泄量は、普通飼料投与後の第1期試験食において、ひじき投与群が0.11±0.02 mgであったのに対し、スキムミルク投与群は約2倍量の0.21±0.04 mgであった。

表7 試験食後の尿・糞のミネラル排泄量

(mg/匹/日)

区分	ミネラル	第1期試験食		第2期試験食	
		尿	糞	尿	糞
ひじき投与群	Ca	0.11 ± 0.02	5.33 ± 0.93	0.29 ± 0.08	2.71 ± 0.48
	Mg	1.31 ± 0.08	6.27 ± 0.80	3.91 ± 0.52	4.35 ± 1.77
	P	13.14 ± 0.66	3.12 ± 0.52	12.42 ± 1.63	2.22 ± 0.44
	Na	82.83 ± 5.26	8.53 ± 1.17	97.20 ± 19.38	10.24 ± 2.60
	K	36.00 ± 2.53	5.41 ± 1.17	34.87 ± 4.93	5.42 ± 1.24
スキムミルク投与群	Ca	0.21 ± 0.04	4.40 ± 2.76	0.13 ± 0.02	0.30 ± 0.05
	Mg	0.98 ± 0.11	1.89 ± 0.62	2.75 ± 0.44	0.16 ± 0.14
	P	14.15 ± 1.10	5.40 ± 1.94	14.61 ± 0.77	1.47 ± 0.15
	Na	46.78 ± 4.10	0.55 ± 0.17	49.38 ± 9.29	0.18 ± 0.04
	K	26.72 ± 1.42	0.97 ± 0.34	24.30 ± 2.57	0.66 ± 0.11
対照	Ca	0.12 ± 0.04	4.22 ± 2.13	0.16 ± 0.02	1.60 ± 0.61
	Mg	0.67 ± 0.06	8.67 ± 4.85	2.02 ± 0.28	1.05 ± 0.50
	P	15.07 ± 1.10	5.87 ± 3.01	19.05 ± 3.12	4.53 ± 1.32
	Na	61.35 ± 10.39	0.38 ± 0.15	84.18 ± 10.81	0.49 ± 0.16
	K	28.98 ± 2.34	0.53 ± 0.24	25.83 ± 3.40	0.75 ± 0.19

数値は平均値±SE

糞中 Ca 排泄量は、ややひじき群が高い値を示したが、いずれの群間にも有意差は認められなかった。次に低 Ca 飼料 (Ca として 0.01% を含有) で 7 日間飼育したあと、第 1 期と同じ飼料を投与した第 2 期試験食後の排泄傾向は、前回と異なっていた。すなわち、第 2 期試験食後の尿中 Ca 排泄量は、ひじき投与群に高い傾向がみられた。また、糞では 3 群とも Ca 排泄量は第 1 期より減少したが、ことにスキムミルク投与群では、ひじき投与群に対して有意 ( $p < 0.05$ ) に減少した。また、第 1 期と比べるとひじき投与群、対照群では尿中の Ca 排泄量は増加したのに対し、スキムミルク群では減少傾向をみせた。内因性ミネラルの糞中への排泄がないと仮定すると、糞中排泄量が多ければその分吸収量は少なくなっていると考えられ、言い換えれば、吸収量が多ければその分尿中への排泄量も増加して行くことが考えられる。

各試験食は、そのミネラル組成を Ca を一定にした配合であることから、P や Mg、その他のミネラル含量が異なっているが、飼料中の Ca/P は、ひじき投与群 0.67、スキムミルク投与群 0.45、対照群 0.70 となり、Ca の吸収に影響がないとされている 0.5~2.0 の範囲内にある。したがって各試験食の P 量の差異は Ca の吸収には影響がないと考えられる。よって兼松<sup>4)</sup>のように、飼料中の Ca 量とその摂取量よりみかけの Ca 吸収率を計算してみると、表 8 のようになった。

$$\text{みかけの吸収率 (\%)} = \frac{\text{摂取総 Ca 量} - \text{糞中 Ca 量}}{\text{摂取総 Ca 量}} \times 100$$

表 8 Ca の 出 納

飼育区分	血清脂質	第 1 期 試 験 食			第 2 期 試 験 食		
		ひじき	スキム ミルク	対 照	ひじき	スキム ミルク	対 照
飼 育 区 分							
総 Ca 摂 取 量 (mg)		28.8	29.1	35.4	26.3	23.3	37.6
排 泄 量 (mg)	尿	0.11	0.21	0.12	0.29	0.13	0.16
	糞	5.34	4.40	4.20	2.71	0.30	1.60
平 衡 量 (mg)		22.4	24.5	31.1	23.3	22.9	35.8
み か け の 吸 収 率 (%)		81.5	84.9	88.2	89.7	98.7	95.7
第 1 期 比 (%)					(+) 8.2	(+) 13.8	(+) 7.5

これにより、各群間に有意差は認められなかったが、スキムミルク投与群、対照群はひじき投与群に比べると高い吸収傾向を示した。しかもこの傾向は、第 2 期試験食後に一層強くみられた。Ca 吸収利用のちがいは、あわせて摂取したタンパク質の量および種類(質)、あるいは Ca の結合形態などによるところが大きいとされている<sup>5)6)</sup>ことから、スキムミルク投与群がひじき投与群に比較して、それらの点で優位にあることが推察されるとともに、Ca が充足されている状態とそうではなく、逆に不足傾向にある状態とのちがいが、排泄傾向の差異となってあらわれたのではないかと考えられる。ただ、平衡量についてみたときに対照群が最も高い値を示したのは自由摂取のためスキムミルク群との飼料摂取量の差があらわれたと考える。24 時間あたりの糞量についても、ひじき投与群は他の 2 群と比較し、かなり量的に多かった。しかしながら、3 群とも予想より高い吸収率傾向を示した一因として、用いた 7 週齢ラットがまだ成長期段階にあり、これが一層 Ca の利用効率を高めたとも考えられる。

また、Mg, Na, Kの出納についてみると、Mgのような2価以上のイオンでは糞中への排泄が大部分を占め、尿中への排泄は僅かな量とされる<sup>7)</sup>が第1期試験食でのMg排泄量に関しては、スキムミルク投与群、対照群で尿中に高く、その傾向はことにスキムミルク群で著しかった。

一方、尿中への排泄を主とする1価のイオン<sup>7)</sup>であるNa, Kは、逆にひじき投与群で糞中への排泄の比率が他の2群に比べて圧倒的に高い傾向がみられた。すなわち、第1期試験食後では、Naが対照群、スキムミルク投与群に対して、第2期試験食後ではNa, Kともに有意に排泄量が増加した(p<0.05)。また、ひじき投与群ではNa排泄量が摂取量より多かった。これは、ひじき食のK含量が高いことに起因していると思われる。

#### 4. 血清ミネラルおよび血清脂質

血清のミネラル量は表9に、血清脂質(TG, T-CH)は表10に示した。

表9 血清ミネラル量

		(mg/dl)		
飼育区分	ミネラル	Ca	Na	K
ひじき投与群		10.6 ± 0.6	448.7 ± 9.0	29.5 ± 0.9
スキムミルク投与群		11.9 ± 0.9	451.5 ± 2.9	30.5 ± 2.3
対照 (CaCO <sub>3</sub> )		10.8 ± 0.6	454.9 ± 4.4	28.8 ± 1.5

数値は平均値 ± SE

表10 血清TGおよびT-CH量

		(mg/dl)	
飼育区分	血清脂質	TG	T-CH
ひじき投与群		44.7 ± 7.9	78.3 ± 8.5
スキムミルク投与群		67.9 ± 15.3	79.8 ± 12.6
対照 (CaCO <sub>3</sub> )		63.2 ± 9.9	75.9 ± 11.8

数値は平均値 ± SE

試験食の投与は短期間であったことと、生体のもつ恒常性により血清ミネラル量は、各群間に有意差を認めなかった。同時に定量を行ったトリグリセライドおよび総コレステロールでは、T-CH量に各群間の有意差は認められなかったが、TGはひじき投与群が他の2群に比べて有意(p<0.05)に低値を示した。これは、ひじきをはじめこんぶ、わかめなどの褐藻類に多く含まれるアルギン酸による食物繊維(DF)的効果によるものではないかと考えられる<sup>8)9)</sup>。

本実験では、第一義的に食物繊維としてのひじきを考えたわけではないが、こうした食物繊維と成人病等の関わりが多く問われる現在、日本独自の食品の一つであるひじきその他の海藻類のもつ有効性を大いに活用したい。

### 要 約

1. 生後7週齢のラットを使用し、普通飼料を投与したあと(第1期)と、低Ca飼料を投与したあと(第2期)の2回にわたり、Ca源としてひじき、スキムミルク、CaCO<sub>3</sub>(対照)を各々混入させた試験食を3日間ずつ投与した後、尿および糞中のCa, Mg, P, Na, Kを測定して出

納関係を調べたところ、第1期後のCa排泄量には尿、糞とも3群間に有意差は認められなかったが、ひじき投与群のNaの排泄量が対照に対して、またK排泄量が、スキムミルク投与群に対して有意に多かった。

2. 第2期後のスキムミルク投与群のCa排泄量は、尿および糞ともに減少しことに糞中排泄量は、ひじき投与群に対し有意に減少した。これに対し、対照とひじき投与群では尿中Ca排泄量が増加傾向を示した。また、ひじき投与群のNa、Kの排泄量は尿、糞ともに有意に増加した。
3. みかけのCa吸収率は3群間に有意差はなかった。
4. 血清トリグリセライドは、ひじき投与群で対照・スキムミルク群に対し、有意に低値を示した。
5. 血清ミネラル量は、3群間に有意差はみられなかった。

本実験を行うにあたり、終始ご指導を賜りました本学青木みか教授ならびに高橋平八教授に深く感謝の意を表します。

## 文 献

- 1) 中村道徳：日本農芸化学会誌，24，1 (1950)
- 2) 柴田 進，北村元仕：臨床生化学定量法，183～185，中山書店 (1963)
- 3) 日本食品工業学会編：食品分析法，360，光琳 (1982)
- 4) 兼松重幸：栄養と食糧，6，135，(1953)
- 5) 有本邦太郎訳：カルシウム要求量 (FAO/WHO 専門委員会報告)，第一出版 (1964)
- 6) 小池五郎他：栄養学，115～119，朝倉書店 (1973)
- 7) 小原哲二郎：リン酸のはたらき，106，第一出版 (1983)
- 8) 印南 敏他：食物繊維，第一出版 (1982)
- 9) 辻 啓介：若さの栄養学会誌，37，10，(1983)