研究ノート

スキムミルクを主原料とする栄養成分を強化した 食品のラットにおけるミネラル生体利用性

加藤 健, 鳥羽 保宏, 高田 幸宏, 青江 誠一郎
雪印乳業(株)栄養科学研究所

Mineral Bioavailability of Fortified Food Based on Skim Milk Powder in Rats

Ken Kato, Yasuhiro Toba, Yukihiro Takada and Seiichiro Aoe
Nutritional Science Laboratory, Snow Brand Milk Products Co., Ltd.

An investigation was conducted using adult female rats regarding mineral absorption and bioavailability (observed as increase of bone mineral contents and bone strength) of the food consisting basically of skim milk powder, fortified with calcium, vitamin D and collagen by comparing with CaHPO_4 , a fish bone powder, and an ordinary skim milk powder. No significant differences were found among the four groups in body weight gain, food intake or food efficiency. However, breaking force, breaking energy and calcium content of the femur in the fortified food group were significantly higher than those in the CaHPO_4 group. Serum $1\alpha, 25(\text{OH})_2\text{D}_3$ concentration and apparent mineral (calcium and phosphorus) absorption rates in the fortified food group were also higher than those in the other three groups.

These results indicate that enhanced strength of the bones observed in rats fed the fortified food may be mainly due to increased mineral absorption. It is concluded that the fortified food is a desirable foodstuff for better mineral bioavailability.

Jpn. J. Nutr., 55 (4) 189~196 (1997)

緒 言

我が国のカルシウム摂取量は、ここ20年横ばいの状態にあり、成人の栄養所要量である1日600mg摂取を下回っている¹⁾。また、近年の高齢化に伴い、骨粗鬆症を始めとするカルシウムの摂取不足が主要因である疾患の増加が大きな社会問題になっている。特に女性は、男性に比べ最大骨量が低く、閉経後の女性ホルモンの分泌低下に伴って骨量が著しく減少するため、骨粗鬆症の発生率が高くなっている²⁾。この場合、吸収性に優れた良質のカルシウムを含む牛乳、乳製品からカルシウムを摂取することが望ましいとされている^{3,4)}。その中でも、特にスキムミルクは、脱脂されているため脂肪分が少なく、20gで牛乳1本分のカルシウム(約200mg)を摂取できることから、良質のカルシウム供給源であるとされている⁵⁾。また、高齢者では、長年の食習慣、牛乳嫌いあるいは乳糖不耐症などの問題から、牛乳そのものを摂取することが難しいため、スキムミルク

Key words: calcium bioavailability, skim milk powder, mineral, vitamin D, magnesium
カルシウム生体利用性, スキムミルク, ミネラル, ビタミンD, マグネシウム

を料理やおやつに取り入れ、カルシウムを補給することがよいと考えられている⁶⁾。このスキムミルクの骨に対する有効性については、江澤によって報告されている⁷⁾。

一方、最近では、牛乳、乳製品摂取の少ない日本人の生活に鑑み、カルシウムの摂取不足を補うために、多くのカルシウム強化食品が開発され、市場に出回っている。これらのカルシウム強化食品には、炭酸カルシウムやリン酸カルシウムなどの無機態のカルシウム素材に加え、天然物由来の牛骨粉や牛乳由来のカルシウム素材などが利用されている。特に、牛乳由来のカルシウム素材は、他のカルシ

ウム素材に比べ、吸収性や生体利用性に優れていることが報告されている^{8,9)}。我々も、成熟雄ラットを用いて、レンネットカゼインから調製したコロイド状及びカゼイン結合性カルシウムに富む乳カルシウム標品の吸収性及び生体利用性が高いことを報告している¹⁰⁾。

また、ビタミンDは、カルシウムの代謝に極めて重要な作用を有し、小腸上部でのカルシウム吸収促進作用、並びに最近では、骨への直接作用を有することが知られている¹¹⁾。一般にビタミンDは、紫外線照射によって生体内で合成され、肝臓及び副甲状腺ホルモンの作用を伴って、腎臓で活性化され作用する。しかし、紫外線照射の機会が少ない高齢者などでは、生体内でのビタミンDの合成が十分に行われないため、食事からのビタミンD摂取が重要であると考えられている^{6,12)}。

更にコラーゲンは、骨基質成分の80%以上を占めるたんぱく質で¹³⁾、骨を形成する上で非常に重要であることが知られている¹⁴⁾。最近コラーゲンに培養軟骨細胞の増殖促進作用があることが報告され¹⁵⁾、食事性の発酵コラーゲンペプチドにはカルシウム吸収促進効果を介した骨形成促進作用があることが示唆されている¹⁶⁾。

そこで、良質のカルシウム供給源であるスキムミルクに、生体利用性に優れた牛乳由来のカルシウム素材を添加することによってカルシウムを強化し、更に、ビタミンD及びコラーゲンを配合した食品（栄養成分を強化した食品）の成人女性に対する有効性を調べる目的で、成熟雌ラットを用いて、そのミネラル吸収性及びミネラル生体利用性（骨中ミネラル含量及び骨強度の増加として観察される）について検討した。

実験方法

1. 栄養成分を強化した食品の組成

栄養成分を強化した食品は、脱脂粉乳を主原料とし、乳清由来のカルシウム素材（カルシウム含量 16.3%、リン含量 10.0%、マグネシウム含量 1.0%）で、カルシウムを強化した雪印乳業(株)製のものをを用いた（商品名“自然にカルシウム”）。この栄養成分を強化した食品中に含まれる栄養成分の組成を Table 1 に示す。なお、この栄養成分を強化した食品には、カルシウム、ビタミンD及びコラーゲンが、各々100 g 当たり 2,000mg, 370 IU 及び 1,680mg含まれていた (Table 1)。また、この栄養成分を強化した食品並びに比較に用いたスキムミルクには、活性型ビタミンD が各々100 g 当たり約 1 IU 含まれていた。

2. 動物実験及び飼育方法

実験動物には、体重約 250 g の 10 週齢 Sprague-Dawley 系雌ラット（日本チャールズリバー(株)）を用いた。飼育は 12 時間ごとの明暗サイクルで行い、飼料及び脱イオン水を自由摂取させた。

Table 1 Composition of fortified food based on skim milk powder

Moisture (%)	3.7
Fat	1.6
Protein	27.7
Ash	11.6
Carbohydrate	55.4
Calcium (g/100 g)	2.0
Vitamin D (IU/100 g)	370.0
Collagen (g/100 g)	1.7

実験飼料の組成を Table 2 に示す。実験飼料は AIN-93M 飼料組成¹⁷⁾に従って調製し、乳成分を全く含まない大豆たんぱく質（フジプロ R、フジビュリナプロテイン(株)）及びリン酸水素カルシウム（ CaHPO_4 ）から成る飼料を投与した群を対照群とした。

対照群の飼料のカルシウム源（ CaHPO_4 ）を、魚骨粉（N-Ca F タイプ、白石カルシウム(株)）で置換した飼料を投与した群を魚骨粉群（Fish 群）とした。なお、魚骨粉は、あらかじめ $1,000^\circ\text{C}$ で約 7 時間焼成し、有機成分を除去したものをを用いた。

Fish 群の飼料にスキムミルク（雪印乳業(株)）を 14% 添加し、飼料中のカルシウムの約 1/3 をスキムミルク由来のカルシウムで置換した飼料を投与した群をスキムミルク群（Skim 群）、また、Fish 群の飼料に栄養成分を強化した食品を 8.4% 添加し、飼料中のカルシウムの約 1/3 を栄養成分を強化した食品由来のカルシウムで置換した飼料を投与した群を、栄養成分を強化した食品群（F-Food 群）とした。

なお、カルシウム給源のパターンは、我が国において、乳及び乳製品がカルシウム供給源として寄与している割合¹⁸⁾を考慮して決定した。また、栄養成分を強化した食品を添加した F-Food 群の飼料中ビタミン D 含量は、100 g 当たり 130 IU で、対照群、Fish 群及び Skim 群の約 1.3 倍であった。一方、各群飼料中の活性型ビタミン D 含量は、いずれも検出限界（0.151 IU/100 g）以下であった。更に、各群飼料中の粗たんぱく

Table 2 Composition of diets

Compound	Group			
	Control	Fish	Skim	F-Food
Soy protein isolate (%)	14	14	8	11.1
Fish bone powder	—	1.31	0.87	0.87
Skim milk powder	—	—	14	—
Fortified food	—	—	—	8.4
Cornstarch	46.5692	46.5692	46.5692	46.5692
Dextrinized cornstarch	15.5	15.5	15.5	15.5
Sucrose	10.271	10.667	3.659	5.836
Soybean oil	4	4	4	4
Cellulose	5	5	5	5
Vitamin mixture ^{*1}	1	1	1	1
L-Cystine	0.15	0.15	0.17	0.16
DL-Methionine	0.25	0.25	0.14	0.2
Choline bitartrate	0.25	0.25	0.25	0.25
Tert-butylhydroquinone	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008
$\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	2.104	—	—	—
KH_2PO_4	—	0.56	0.411	0.478
$\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	—	—	0.141	—
NaCl	0.018	—	—	0.062
Na_2CO_3	0.015	0.015	—	—
K_2SO_4	0.164	0.164	—	0.164
K_2CO_3	0.168	—	—	—
MgO	0.068	0.014	—	0.027
KCl	0.308	0.18	—	0.097
$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	—	0.206	0.012	0.122
MgSO_4	—	—	0.113	—
Citric acid monohydrate	0.064	0.064	0.064	0.064
Basal mineral mixture ^{*2}	0.1	0.1	0.1	0.1
Analyzed				
Calcium (mg%)	488	491	501	494
Phosphorus	492	483	470	534
Magnesium	47	50	45	50

^{*1} This was identical with AIN-93 vitamin mixture. ^{*2} 21.21 % $\text{FeC}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ($x=5$), 5.775% ZnCO_3 , 2.205% MnCO_3 , 1.134 % $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, 35mg% KIO_3 , 35.875mg% NaSeO_4 , 27.825 mg% $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, 5.075% $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, 962.5mg% $\text{CrK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, 60.9mg% LiCl , 285.25mg% H_3BO_3 , 222.25mg% NaF , 107.1mg% $\text{NiCO}_3 \cdot 2\text{Ni}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, 23.1mg% NH_4VO_3 .

質含量, 含硫アミノ酸含量及びミネラル含量 (カルシウム 0.50%, リン 0.50%, マグネシウム 0.05%) は同様に
なるように調整した。
ラットは, 1 群 10 匹ずつ
上記に示した実験飼料投与群
(4 群) に分け, 31 日間飼育
した。実験飼料投与開始時
(10 週齢時) 及び投与開始か

ら 21 日後 (13 週齢時) に, 各群のラットを代謝ケージに入れて 3 日間馴化した後, 各々 4 日間の飼料摂取量
及び糞排泄量を測定した。試験終了後, エーテル麻酔下で開腹し, 下行大静脈より採血して血清を分離した。
採血後, 左右大腿骨を摘出した。

3. 測定方法

(1) 見かけのミネラル吸収率の測定

10 週齢時及び 13 週齢時に採取した糞中に排泄されたミネラル (カルシウム, リン及びマグネシウム) の量は, 糞表面に付着した飼料及び毛を脱イオン水で除去し, 凍結乾燥後コーヒーマルで粉碎し, 乾式灰化して ICP 発光分析装置 (PS-3000UV, LEEMAN LABS 社製) にて定量し, 糞排泄量から求めた。

ミネラル摂取量及び糞中ミネラル排泄量から以下に示す式を用いて, 見かけのミネラル吸収率を算出した。

$$\text{見かけのミネラル吸収率 (\%)} = (\text{ミネラル摂取量} - \text{糞中ミネラル排泄量}) / \text{ミネラル摂取量} \times 100$$

(2) 血清中 $1\alpha, 25(\text{OH})_2\text{D}_3$ 濃度の測定

ラット血清中の $1\alpha, 25(\text{OH})_2\text{D}_3$ 濃度は, C_{18} Sep-Pak カラム (Waters 社製) による血清中 $1\alpha, 25(\text{OH})_2\text{D}_3$ 画分の抽出と, ウシ胸腺レセプター (ヤマサ醤油 (株)) を使用したラジオレセプターアッセイを組み合わせた方法により測定した^{19, 20)}。

(3) 大腿骨破断強度及び大腿骨ミネラル含量の測定

左右大腿骨の破断強度は, 骨破断強度測定装置 (レオロメーター RX-1600, アイテクノ社製) で測定した。その後, 大腿骨を凍結乾燥し, 重量を測定して乾式灰化後, ICP 発光分析装置にて大腿骨ミネラル含量を測定した。

(4) 実験結果の統計処理

動物実験に関する全てのパラメータの統計処理は, 一元配置の分散分析を行った後, Tukey-Kramer 法にて多重比較を行った。

実 験 結 果

(1) 体重増加量, 飼料摂取量及び飼料効率

体重増加量, 飼料摂取量及び飼料効率を Table 3 に示した。いずれのパラメータとも 4 群間に差は認められず, 成育状態は全て良好であった。

Table 3 Body weight gain, food intake and food efficiency (M $\pm$ SD)

Group	Body weight gain (g/day)	Food intake (g/day)	Food efficiency* ¹ (%)
Control	0.63 $\pm$ 0.44	16.87 $\pm$ 1.49	3.70 $\pm$ 2.41
Fish	0.83 $\pm$ 0.31	17.53 $\pm$ 1.40	4.82 $\pm$ 1.76
Skim	0.94 $\pm$ 0.32	18.09 $\pm$ 1.17	5.30 $\pm$ 1.62
F-Food	0.94 $\pm$ 0.32	17.63 $\pm$ 1.60	5.43 $\pm$ 1.56

*¹ Food efficiency (%) = (final body weight (g) - initial body weight (g)) / food intake (g/31days) $\times$ 100.

Table 4 Apparent absorption rate of calcium, phosphorus and magnesium in 10- and 13-week-old rats (% ; M $\pm$ SD)

Group	10-week-old	13-week-old
〈Apparent calcium absorption rate〉		
Control	31.74 $\pm$ 3.69 ^a	20.04 $\pm$ 2.33 ^a
Fish	30.03 $\pm$ 4.87 ^a	19.06 $\pm$ 4.55 ^a
Skim	30.26 $\pm$ 8.32 ^a	17.94 $\pm$ 7.29 ^a
F-Food	35.76 $\pm$ 3.81 ^a	24.18 $\pm$ 3.61 ^a
〈Apparent phosphorus absorption rate〉		
Control	48.09 $\pm$ 3.41 ^a	40.21 $\pm$ 2.31 ^a
Fish	55.87 $\pm$ 3.10 ^b	47.14 $\pm$ 3.30 ^b
Skim	55.07 $\pm$ 4.66 ^b	47.10 $\pm$ 5.14 ^b
F-Food	57.72 $\pm$ 2.81 ^b	49.27 $\pm$ 2.72 ^b
〈Apparent magnesium absorption rate〉		
Control	42.05 $\pm$ 5.47 ^a	34.47 $\pm$ 6.01 ^a
Fish	45.93 $\pm$ 7.50 ^a	36.33 $\pm$ 6.25 ^a
Skim	46.08 $\pm$ 7.55 ^a	40.06 $\pm$ 7.96 ^a
F-Food	48.78 $\pm$ 4.06 ^a	41.51 $\pm$ 5.49 ^a

^{a, b} Values in the same column with different superscript letters are significantly different ($p < 0.05$).

(2) 見かけのミネラル吸収率

見かけのカルシウム及びマグネシウム吸収率には、統計学的な有意差は認められなかった。しかし、13週齢時の見かけのカルシウム吸収率は、F-Food群が他の群に比べ高い傾向を示した ($p = 0.08$, Table 4)。また、見かけのリン吸収率は、対照群に比べ他の3群で10週齢時、13週齢時とも有意に高い値を示し、F-Food群で最も高い値を示した (Table 4)。

(3) 血清中 $1\alpha, 25(\text{OH})_2\text{D}_3$ 濃度

血清中 $1\alpha, 25(\text{OH})_2\text{D}_3$ 濃度は、Fig. 1 に示したように、対照群及びFish群に比べ、F-Food群で有意に高い値を示した。

(4) 大腿骨破断強度及び大腿骨ミネラル含量

大腿骨破断応力及び大腿骨破断エネルギーは、F-Food群が対照群に比べ有意に高い値を示した (Fig. 2)。また、大腿骨の乾燥重量には4群間で差は認められなかったが、大腿骨のカルシウム含量は、F-Food群が対照群及びFish群に比べ有意に高い値を示し、大腿骨のマグネシウム含量は、Skim群及びF-Food群が対照群に比べ有意に高い値を示した (Table 5)。一方、大腿骨のリン含量には、4群間に差は認められなかった。

Fig. 1 Effect of experimental diets on serum $1\alpha, 25(\text{OH})_2\text{D}_3$ concentration in 14-week-old rats

Bars represent 95% confidence intervals. ^{a, b} Values with different superscript letters are significantly different ($p < 0.05$).

Table 5 Femur dry weight, femur calcium (Ca) content, femur phosphorus (P) content and femur magnesium (Mg) content in 14-week-old rats (M $\pm$ SD)

	Group			
	Control	Fish	Skim	F-Food
Femur dry weight (mg)	554.2 $\pm$ 18.5 ^a	547.2 $\pm$ 28.3 ^a	568.1 $\pm$ 49.7 ^a	574.3 $\pm$ 25.6 ^a
Femur Ca content (mg/bone)	132.8 $\pm$ 4.2 ^a	130.7 $\pm$ 7.5 ^a	138.9 $\pm$ 9.7 ^{a, b}	142.9 $\pm$ 7.8 ^b
Femur P content (mg/bone)	63.5 $\pm$ 2.3 ^a	64.1 $\pm$ 3.3 ^a	64.9 $\pm$ 5.6 ^a	65.8 $\pm$ 3.6 ^a
Femur Mg content (mg/bone)	2.6 $\pm$ 0.1 ^a	2.7 $\pm$ 0.3 ^{a, b}	2.8 $\pm$ 0.2 ^b	2.8 $\pm$ 0.2 ^b

^{a, b} Values in the same row with different superscript letters are significantly different ($p < 0.05$).

考 察

本研究では、スキムミルクを主原料とし、カルシウム、ビタミンD及びコラーゲンを配合し調製した食品（栄養成分を強化した食品）の、健康な成人女性に対する有効性を評価するため、10週齢の成熟雌ラットを用いて検討した。なお、本研究では、ミネラルの吸収性と生体利用性を区別して考え、大腿骨へのミネラル沈着度並びに大腿骨の破断強度をミネラル生体利用性の指標とした。また本実験では、対照群及びFish群は、乳または乳製品を全く摂取せず、各々、一般的なカルシウム素材であるCaHPO₄からカルシウムを摂取するモデル、及び我が国古来の主要なカルシウム供給源である

魚のみからカルシウムを摂取するモデルとして設定した。更に江澤は、我が国において乳及び乳製品がカルシウム供給源として寄与している割合は24%程度であると報告している¹⁸⁾。そこで、Skim群及びF-Food群では、Fish群のカルシウムの約1/3を各々、スキムミルク由来のカルシウム及び栄養成分を強化した食品由来のカルシウムで置換し、比較検討した。

大腿骨の破断応力及び破断エネルギーの結果より、栄養成分を強化した食品は、骨強度の増加に有効であることが示された。骨は、その約70%を占める骨塩と約30%を占める骨基質から成り立っている¹⁸⁾。従って、骨強度の増加は、骨塩量と骨基質量の両者、あるいは一方の増加によるものと考えられる。本実験ではデータは示さなかったが、骨基質の主要な構成成分であるコラーゲンに特徴的なアミノ酸であるハイドロキシプロリン及びハイドロキシリジンの大腿骨中の含量には、4群間で差は認められなかった。一方、大腿骨中カルシウム含量は、F-Food群が有意に高い値を示した。このことから、栄養成分を強化した食品による骨強度の増加は、主に骨塩量の増加によるものと考えられる。

Fig. 2 Effect of experimental diets on breaking force and breaking energy of femur in 14-week-old rats

Bars represent 95% confidence intervals. ^{a, b} Values with different superscript letters are significantly different in breaking force and breaking energy ($p < 0.05$).

血清中の $1\alpha, 25(\text{OH})_2\text{D}_3$ 濃度は、F-Food 群が対照群や Fish 群に比べ有意に高い値を示し、各ミネラル吸収率も F-Food 群が高値を示した。このことから、F-Food 群で認められた大腿骨中のミネラル含量の増加には、栄養成分を強化した食品に配合されたビタミンDが体内で活性化され、ミネラル吸収促進的に作用したことも寄与していると考えられる。

また、スキムミルク中のカルシウムは生体利用性に優れ⁷⁾、更に牛乳由来のカルシウム素材は他のカルシウム素材に比べ、吸収性及び生体利用性に優れていることが報告されている⁸⁻¹⁰⁾。従って、栄養成分を強化した食品の投与による大腿骨ミネラル含量の増加には、この生体利用性に優れた牛乳由来のカルシウムも関与していると考えられる。

今回の実験系では、栄養成分を強化した食品に配合されているコラーゲンの有効性については明らかにできなかった。しかし、これまでコラーゲンには、培養軟骨細胞の増殖を促進する作用¹⁵⁾や、消化管内で生理活性ペプチドを生成する可能性¹⁴⁾が報告されており、また、食事性の発酵コラーゲンペプチドには、骨形成促進作用があることが示唆¹⁶⁾されていることから、今回の実験でも、ビタミンDや牛乳由来のカルシウムとともに、骨に対して何らかの影響を及ぼした可能性も考えられる。コラーゲンの骨に対する詳細な有効性については今後の研究が待たれる。

また、今回の実験では、栄養成分を強化した食品の投与によって、見かけのリン吸収率が高値を示した。一般に、リンの吸収が亢進している場合には、腎臓への影響が危惧される。しかし、今回の実験で用いたラットの腎臓には、肉眼的所見による石灰化等の異常は観察されなかった。

今後は、ヒトでの有効性並びに栄養成分を強化した食品に配合されている個々の成分の有効性及び相乗作用、更に、栄養成分を強化した食品の摂取が腎臓に与える影響について、詳細に検討することが必要であると考えられる。

要 約

本研究では、成熟雌ラットを用いて、スキムミルクを主原料とし、カルシウム、ビタミンD及びコラーゲンを配合し調製した食品（栄養成分を強化した食品）の、ミネラル吸収性及びミネラル生体利用性（骨中ミネラル含量及び骨強度の増加として観察される）を、リン酸水素カルシウム、魚骨粉及び従来のスキムミルクと比較検討した。

体重増加量、飼料摂取量及び飼料効率は、4群間に差は認められなかった。しかし、大腿骨破断応力、大腿骨破断エネルギー及び大腿骨中カルシウム含量は、栄養成分を強化した食品投与群で、リン酸水素カルシウム投与群に比べ有意に高い値を示した。更に、血清中の $1\alpha, 25(\text{OH})_2\text{D}_3$ 濃度や見かけのミネラル（カルシウム、リン）吸収率も、栄養成分を強化した食品の投与によって高値を示した。

以上の結果から、栄養成分を強化した食品には、骨強度を増加させる作用があることが認められ、その作用は、主にミネラル吸収促進作用によるものであることが示唆された。従って、栄養成分を強化した食品は、ミネラル生体利用性に優れた食素材であると考えられる。

文 献

- 1) 厚生省保健医療局健康増進栄養課：平成6年国民栄養調査結果の概要，栄養学雑誌，54，205～220（1996）

- 2) 江澤郁子：骨粗鬆症予防対策－食生活と生活活動－，*ビフィズス*，**7**，13～20（1993）
- 3) 兼松重幸：成人における各種食品中のカルシウムの利用並にカルシウム所要量に関する研究，*栄養と食糧*，**6**，135～147（1953）
- 4) 上西一弘，江澤郁子，梶本雅俊，土屋文安：日本人の通常食における牛乳・小魚・野菜のカルシウムの吸収率の比較検討，第50回日本栄養・食糧学会大会講演要旨集，p. 226（1996）
- 5) 江澤郁子：骨粗しょう症と食品，月刊フードケミカル，**1**，42～46（1994）
- 6) 江澤郁子：(1)栄養と運動で防ぐ骨粗鬆症，*臨床栄養*，**88**，5～8（1996）
- 7) 江澤郁子：去勢雌ラットの大腿骨骨折に及ぼすミルクの効果，*家政学雑誌*，**32**，37～40（1981）
- 8) 五十嵐千恵，江澤郁子，尾形悦郎：卵巣摘出骨粗鬆症モデルラットの骨塩減少に対する乳清カルシウムの抑制効果，*日本栄養・食糧学会誌*，**43**，437～443（1990）
- 9) 五十嵐千恵，江澤郁子：卵巣摘出骨粗鬆症モデルラットの大腿骨に対する Whey Calcium および Lactulose の骨強度増強効果，*応用薬理*，**42**，245～253（1991）
- 10) 加藤 健，高田幸宏，松山博昭，青江誠一郎，坂本隆男，八尋政利，中島一郎：レンネットカゼインから調製した乳カルシウム標品のラットにおける生体利用性，*日本栄養・食糧学会誌*，**47**，385～390（1994）
- 11) 杉本利嗣：骨内ビタミンD 活性化の意義，*Clinical Calcium*，**5**，1165～1168（1995）
- 12) 江澤郁子：骨粗鬆症の食事療法，ホルモンと臨床，**43**，823～828（1995）
- 13) 日本生化学会編：生化学データブック，p. 1650（1979）東京化学同人，東京
- 14) 藤本大三郎：コラーゲンの機能と食品としての利用，*食品と開発*，**31**，13～15（1996）
- 15) Pesakova, V., Stol, M. and Adam, M. : Comparison of the influence of gelatine and collagen substrates on growth of chondrocytes, *Folia Biologica (Praha)*，**36**，264～270（1990）
- 16) 梶原葉子：発酵コラーゲンペプチドの特性と利用，*食品と科学*，**39**，95～99（1997）
- 17) Philip, G. R., Forrest, H. N. and George, C. F. Jr. : AIN-93 purified diets for laboratory rodents : Final report of the American Institute of Nutrition Ad Hoc Writing Committee on the reformulation of the AIN-76A rodent diet, *J. Nutr.*，**123**，1939～1951（1993）
- 18) 江澤郁子：カルシウム摂取量，*Clinical Calcium*，**2**，81～83（1992）
- 19) Reinhard, T. A., Horst, R. L., Orf, J. H. and Hollis, B. W. : A microassay for 1,25-dihydroxy vitamin D not requiring high performance liquid chromatography : Application to clinical studies, *J. Clin. Endocrinol. Metab.*，**58**，91～98（1984）
- 20) 久保俊英，田中弘之，守分 正，神崎 晋，樋口譲二，渡辺幸彦，市川雅常，山岡完次，清野佳紀：non-HPLC 法による 1,25 (OH)₂D 測定法，*ホルモンと臨床*，**40**，943～949（1992）

（受付：平成8年11月15日）