

## ラットにおける天然物由来カルシウム素材の利用効率 Bioavailability of some organic calcium products in the rat

志塚 ふじ子 Fujiko Shizuka

**Abstract:** Bioavailability of four organic calcium (Ca) products (egg shell, fish bone, scallop shell, and dolomite) was evaluated by comparing with that of Ca-carbonate used as control Ca. Eight-week-old female rats were divided into eleven groups of a Ca-free diet and ten low Ca diets: 0.1% Ca diets with four Ca products and control Ca, 0.25% Ca diets of the same Ca sources as 0.1% Ca diets. Animals were fed each diet for two weeks. No significant differences in food intake and body weight gain were observed among the eleven groups. Ca balance increased in the second week than in the first week, with decreasing fecal excretion without changing urinary excretion. Ca retention% of Ca-carbonate during the day 11–12 in 0.1% Ca and 0.25% Ca diets was 83% and 54%, respectively. Ca retention% of organic Ca products except dolomite, which showed lowest value, was similar with that of Ca-carbonate. Though Ca level in the diets did not affect on femur weight, femur breaking strength and Ca content increased with increasing Ca content in the diets. Breaking strength of the femur was higher in test Ca than in control Ca. Results indicate that egg shell, fish bone and scallop shell are qualified Ca sources.

**Key words:** Bioavailability of calcium, Organic calcium products, Egg shell, Fish bone, Scallop shell, Dolomite

### はじめに

カルシウムは体を構成する無機質の中で最も多く、体重の約 2% を占めており、そのほとんどはヒドロキシアパタイトとして骨や歯に存在している。カルシウム不足による骨量の減少や骨粗しょう症を防ぐためにはカルシウムを十分に摂取する必要があるが、カルシウムについては摂取量とともに吸収率も考慮しなければならない。わが国においてはカルシウム摂取量が推奨量を下回っており、その給源として吸収率の低い豆類や野菜類からの割合が高くなっている。牛乳・乳製品は、カルシウムを多く含みかつその吸収率が高い食品であることから、牛乳・乳製品を積極的に摂取することがカルシウム不足の対応策として最も効果的な方法である。しかし高齢者や特定の疾患においては牛乳・乳製品の十分な摂取が難しいケースもあり、カルシウム強化食品や補助食品（サプリメント）を利用することが効果的である場合も多い。

カルシウムは天然には塩化物、炭酸塩、リン酸塩、硫酸塩など様々な化合物の形で存在しているが、カルシウム補助食品等には炭酸カルシウム ( $\text{CaCO}_3$ ) が最もよく使われている。その他にもクエン酸カルシウム、グルコン酸カルシウムや天然物由来カルシ

ウムであるサンゴカルシウムなど様々なカルシウム素材が使われている。栄養素としてのカルシウムはイオンまたは可溶性の形態で吸収されるため、カルシウムの吸収率はカルシウム塩の溶解性が大きく関係している<sup>1-3)</sup>。しかし、カルシウムの吸収率・利用率は溶解度のみで説明することはできず、共存する食品成分や生体の生理状態などによって異なる<sup>4-5)</sup>。カルシウム素材の多くは溶解度が高いとはいえず、吸収率や利用率について不明なものも多い。そこで本研究では、吸収率や利用率について十分に明らかにされていない各種天然物由来カルシウム素材の生体利用特性について検討した。

### 方 法

8 週齢の SD 系雌ラットに、カルシウムを含まない食餌、5 種類のカルシウム源を用いて 2 レベルの低カルシウムとした 10 種類の食餌の計 11 種類のうちいずれかの食餌を、蒸留水とともに 2 週間自由に摂取させた。各食餌群の例数は 5 匹とした。実験食のカルシウムレベルは、十分量として通常の実験食に用いられているレベルの 1/5 である 0.1% および通常レベルの 1/2 である 0.25% とした。

被験カルシウムとして、卵殻カルシウム（未焼成

表 1 実験食組成

(g/kg diet)											
	Ca-free diet	0.1% Ca diet					0.25% Ca diet				
		CaCO3	Egg shell	Fish bone	Scallop shell	Dolomite	CaCO3	Egg shell	Fish bone	Scallop shell	Dolomite
Casein	140.0			140.0					140.0		
L-cystine	1.8			1.8					1.8		
Cellulose	50.0			50.0					50.0		
α-starch	460.0			460.0					460.0		
Corn oil	40.0			40.0					40.0		
Vitamin mix. 1)	10.0			10.0					10.0		
Mineral mix. 2)	15.2			15.2					15.2		
Sucrose	283.0	280.5	280.3	280.3	280.4	278.3	276.8	276.3	276.3	276.5	271.1
CaCO3	-	2.5	-	-	-	-	6.3	-	-	-	-
Egg shell	-	-	2.7	-	-	-	-	6.8	-	-	-
Fish bone	-	-	-	2.7	-	-	-	-	6.8	-	-
Scallop shell	-	-	-	-	2.6	-	-	-	-	6.6	-
Dolomite	-	-	-	-	-	4.8	-	-	-	-	11.9
Total	1000.0	1000.0					1000.0				

1) AIN-93 vitamin mixture 2) Ca-free mineral mixture (prepared by subtracting Ca ingredient from AIN-93M mineral mixture)

\* Ca content of each ingredient (%): CaCO<sub>3</sub>; 40.04, Egg shell; 37.0, Fish bone; 37.0, Scallop shell; 38.0, Dolomite; 21.0

卵殻粉末、カルシウム含量 37%、主成分：炭酸カルシウム、平均粒度 1.40  $\mu\text{m}$ ）、魚骨カルシウム（焼成魚骨粉、カルシウム含量 38%、主成分：リン酸カルシウム、平均粒度 1.38  $\mu\text{m}$ ）、ホタテ末カルシウム（未焼成ホタテ貝殻粉末、カルシウム含量 38%、主成分：炭酸カルシウム、平均粒度 1.51  $\mu\text{m}$ ）、ドロマイト（カルシウム含量 21% の鉱物素材、主成分：炭酸カルシウム・マグネシウムで、カルシウム/マグネシウム比が 2.0 と両ミネラルがバランスよく含まれている、平均粒度 2.20  $\mu\text{m}$ ）の 4 種類のカルシウム素材（いずれも(株)エヌ・シー・コーポレーション（徳島）製）を用い、対照カルシウム源として炭酸カルシウム（CaCO<sub>3</sub>）を用いた。カルシウムを含まないミネラル混合（AIN-93 M 組成<sup>6)</sup>から炭酸カルシウムを除いたミネラル混合）を調整し、表 1 に示す組成の実験食を作成した。実験期 1 週間目、2 週間目の後半 2 日間（実験 4～5 日目および 11～12 日目）、糞および尿を採取してカルシウム含量を測定した。糞は硝酸で湿式灰化して分析に供した。カルシウムの分析には原子吸光度計（日立製作所 A-1800）を用いた

カルシウム出納、見かけの吸収率および体内保留率は、次の式で算出した。

見かけの吸収量 = 摂取量 - 糞中排泄量

上記吸収率(%) = 見かけの吸収量 ÷ 摂取量 × 100

出納 = 摂取量 - (糞中排泄量 + 尿中排泄量)

体内保留率(%) = 出納 ÷ 摂取量 × 100

実験期終了後、左右の大腿骨を摘出して湿重量を測定し、クリープメーター（山電 RE-3305）を用いて破断強度を測定した。大腿骨の破断強度は、大腿骨両端を 2 点で支え、中央の 1 点に力を加える 3 点曲げ試験法により計測した。骨が折れた時点の負荷量を破断強度 (Breaking strength) とした。その後、大腿骨は硝酸で湿式灰化し、原子吸光法によりカルシウム含量を測定した。大腿骨カルシウム含量、破断強度のデータは、左右の平均値で示した。

データの解析には一元配置分散分析 (one-way ANOVA) を行い、食餌群間の比較には Scheffe の多重比較検定を用いた。有意水準は 5 % ( $p < 0.05$ ) とした。

## 結 果

無カルシウム食あるいは低カルシウム食で 2 週間飼育した結果、1 日当たりの平均摂食量および体重増加量には、食餌カルシウムレベルおよびカルシウム源の違いによる差はなかった（表 2）。カルシウム出納試験の結果を表 3（4～5 日目）および表 4（11～12 日目）に示す。カルシウム出納期のカルシウム摂取量は、実験期 1 週間目、2 週間目とも 0.1% カルシウム食群 30 mg/2 日間、0.25% カルシウム食群においては 70～80 mg/2 日間程度であり、カルシウム源および実験期による差はなかった。糞中へのカルシウム排泄は、両出納期とも 0.1% カルシウム食群に比べて 0.25% カルシウム食群で多

表 2 摂食量及び体重増加量

	Food intake	Body weight gain
	g/day	g/day
Ca-free	15.2 ± 0.8	2.7 ± 0.7
<u>0.1% Ca</u>		
CaCO <sub>3</sub>	15.0 ± 1.0	2.6 ± 0.4
Egg shell	15.2 ± 1.6	2.5 ± 0.5
Fish bone	16.0 ± 1.3	2.8 ± 0.5
Scallop shell	16.2 ± 1.9	3.2 ± 0.9
Dolomite	15.2 ± 1.0	2.4 ± 0.4
<u>0.25% Ca</u>		
CaCO <sub>3</sub>	14.6 ± 0.4	1.7 ± 0.4
Egg shell	16.1 ± 1.5	3.1 ± 0.7
Fish bone	15.6 ± 1.4	2.7 ± 0.4
Scallop shell	17.4 ± 1.7	3.3 ± 0.7
Dolomite	16.4 ± 1.9	3.0 ± 0.8

Values are means ± SD (n=5).

かった。0.1% カルシウム食群、0.25% カルシウム食群ともに、2週間目の糞中カルシウム排泄量は1週間目に比べて減少した。尿中へのカルシウム排泄量は、食餌カルシウムレベル、カルシウム源、実験期の違いにかかわらず、いずれの群においても1 mg/2日間程度と無カルシウム食摂取時と同様な非常に低い値であった。その結果、1週間目における2日間のカルシウム出納は、無カルシウム食群で-2.2 mg、0.1% カルシウム食群で14~22 mg、0.25% カルシウム食群ではいずれのカルシウム源においても0.1% 食群よりも高い29~39 mgとなった。

2週間目においては、無カルシウム食群のカルシウム出納は1週間目よりも低下したが、低カルシウム食の各食餌群においては、いずれも1週間目に比べてカルシウム出納値が高値となり、0.1% 食群で17~28 mg/2日間、0.25% 食群では39~55 mg/2日間であった。

カルシウムの見かけの吸収率、体内保留率を表5に示す。表3および表4に示したように、すべての食餌群において尿中へのカルシウム排泄量が非常に低値であったことから、体内保留率の値は見かけの吸収率と近似した値となった。また、吸収率、体内保留率ともに、0.1% カルシウム食群は0.25% カ

ルシウム食群よりも高い値であった。実験期1週目においては、吸収率、体内保留率ともにドロマイト群は他群に比べて低い値であったが、有意な差ではなかった。実験期2週目においては、表3および表4に示したように1週目に比べて糞中への排泄が低下したことから、吸収率、体内保留率ともに1週目に比べて高値となった。実験期2週目においては、0.1% カルシウム食のドロマイト群の吸収率および体内保留率は炭酸カルシウム群に比べて有意に ( $p < 0.05$ ) 低かった。0.25% カルシウム食群においては、卵殻カルシウム、魚骨カルシウム、ホタテ末カルシウムの吸収率および利用率は炭酸カルシウムよりも高い値を示したが、有意な差ではなかった。

表6に大腿骨の重量ならびにカルシウム含量を示す。表2に示した摂食量および体重増加量と同様に、8週齢の雌ラットを無カルシウム食あるいは低カルシウム食で2週間飼育しても、大腿骨重量に差は認められなかった。しかし、骨破断強度およびカルシウム含量は無カルシウム食群に比べて0.1% カルシウム群で高く、0.25% 群ではさらに高くなる傾向にあった。0.25% カルシウム食飼育においては無カルシウム食群に比べて、卵殻カルシウム、ホタテ末カルシウム、ドロマイト群で骨破断強度が有意に ( $p < 0.05$ ) 高値であり、骨カルシウム含量は卵殻カルシウム、魚骨カルシウム、ホタテ末カルシウムが有意に ( $p < 0.05$ ) 高値であった。骨マグネシウム含量は0.1% カルシウム食飼育に比べてカルシウム含量の多い0.25% 食群において低かった。

## 考 察

食品加工の過程で大量に産出される残滓の有効利用は資源の有効活用、環境保護などの観点から重要な課題である。卵殻、魚骨、ホタテ貝殻などは飼料、土地改良剤などの他、カルシウム補助食品等にも利用されている。これらは、主成分が炭酸カルシウムやリン酸カルシウムであることから胃液で溶解して吸収・利用されると考えられるが、利用率については十分に検討されていない。そこで本研究では、カルシウム補助食品等として使われている天然物由来カルシウムである卵殻、魚骨、ホタテ貝殻ならびにドロマイトについて、カルシウムの生体利用特性について検討した。ドロマイト（苦灰岩ともいう）は他のカルシウム素材とは異なり、カルシウムとマグネシウムを2:1という栄養的に望ましい割合で含むとして注目されている鉱物である。マグネシウム化合物には苦味を有するものが多いが、ドロマイト

表3 カルシウム出納試験結果 (4~5日目)

	Ca intake		Fecal Ca excretion		Urinary Ca excretion		Ca balance	
	mg/2 days		mg/2 days		mg/2 days		mg/2 days	
Ca-free	0.0 ±	0.0	1.6 ±	0.3	0.7 ±	0.2	-2.2 ±	0.2
<u>0.1% Ca</u>								
CaCO <sub>3</sub>	30.2 ±	2.4 *	8.4 ±	3.7	1.1 ±	0.2	20.7 ±	4.1 *
Egg shell	29.0 ±	4.0 *	10.1 ±	2.1	1.1 ±	0.2	17.8 ±	4.7 *
Fish bone	31.6 ±	3.7 *	12.9 ±	6.0	0.7 ±	0.1	18.0 ±	7.7 *
Scallop shell	30.1 ±	7.5 *	7.7 ±	2.5	0.8 ±	0.3	21.7 ±	8.0 *
Dolomite	30.8 ±	2.1 *	16.2 ±	2.9	0.9 ±	0.1	13.7 ±	2.0
<u>0.25% Ca</u>								
CaCO <sub>3</sub>	77.2 ±	7.2 +	41.2 ±	3.0 +	1.5 ±	0.3 *	34.5 ±	6.2 *
Egg shell	76.6 ±	8.0 +	36.6 ±	5.7 +	1.1 ±	0.2	38.8 ±	10.2 +
Fish bone	77.3 ±	6.3 +	39.6 ±	6.6 +	0.9 ±	0.2 #	36.8 ±	4.3 +
Scallop shell	83.1 ±	6.5 +	46.3 ±	6.0 +	1.1 ±	0.1	35.7 ±	6.8 *
Dolomite	84.2 ±	13.7 +	55.0 ±	10.4 +	0.7 ±	0.2 #	28.5 ±	6.8 *

Values are means ± SD (n=5).

\*, Significantly different from Ca-free diet, +; Significantly different from 0.1% Ca diet,

#; Significantly different from CaCO<sub>3</sub> diet, at  $p < 0.05$ . Data were analyzed by one-way analysis of variance (ANOVA), followed by Scheffe's multiple comparison test.

表4 カルシウム出納試験結果 (11~12日目)

	Ca intake		Fecal Ca excretion		Urinary Ca excretion		Ca balance	
	mg/2 days		mg/2 days		mg/2 days		mg/2 days	
Ca-free	0.0 ±	0.0	1.8 ±	0.2	0.9 ±	0.1	-2.7 ±	0.1
<u>0.1% Ca</u>								
CaCO <sub>3</sub>	30.2 ±	4.1 *	4.1 ±	1.1	1.0 ±	0.2	25.2 ±	3.9 *
Egg shell	30.1 ±	3.2 *	4.6 ±	2.5	0.7 ±	0.3	24.8 ±	1.7 *
Fish bone	31.3 ±	3.9 *	5.5 ±	3.9	0.9 ±	0.2	24.8 ±	3.9 *
Scallop shell	33.1 ±	3.8 *	3.7 ±	1.3	1.5 ±	0.9	27.9 ±	4.1 *
Dolomite	29.1 ±	4.4 *	11.5 ±	1.7	0.6 ±	0.1	17.1 ±	4.2 *
<u>0.25% Ca</u>								
CaCO <sub>3</sub>	71.5 ±	8.2 +	31.4 ±	5.4 +	1.2 ±	0.3	39.0 ±	7.9 +
Egg shell	81.2 ±	6.9 +	32.4 ±	7.6 +	1.3 ±	0.3	47.5 ±	1.8 +
Fish bone	73.4 ±	7.6 +	25.1 ±	11.0 +	0.8 ±	0.2	47.5 ±	4.5 +
Scallop shell	89.0 ±	9.9 +	32.6 ±	9.0 +	1.6 ±	0.6	54.8 ±	4.5 +
Dolomite	78.8 ±	12.7 +	38.7 ±	11.9 +	1.0 ±	0.5	39.0 ±	7.8 +

Values are means ± SD (n=5).

\*, Significantly different from Ca-free diet, +; Significantly different from 0.1% Ca diet,

#; Significantly different from CaCO<sub>3</sub> diet, at  $p < 0.05$ . Data were analyzed by one-way analysis of variance (ANOVA), followed by Scheffe's multiple comparison test.

表5 カルシウムの見かけの吸収率と体内保留率

	<u>Day 4-5</u>		<u>Day 11-12</u>	
	Apparent Ca absorption	Ca retention	Apparent Ca absorption	Ca retention
	% intake	% intake	% intake	% intake
<u>0.1% Ca</u>				
CaCO <sub>3</sub>	72.1 ± 11.7	68.5 ± 11.6	86.4 ± 3.6	83.2 ± 4.0
Egg shell	64.6 ± 9.4	60.7 ± 9.5	85.2 ± 6.7	82.7 ± 5.9
Fish bone	58.2 ± 22.8	55.9 ± 22.9	82.7 ± 10.4	79.8 ± 10.6
Scallop shell	72.9 ± 11.7	70.3 ± 12.0	88.6 ± 4.9	84.1 ± 4.1
Dolomite	47.6 ± 7.1	44.7 ± 7.0	60.1 ± 6.6 #	58.1 ± 7.0 #
<u>0.25% Ca</u>				
CaCO <sub>3</sub>	46.4 ± 4.3	44.5 ± 4.7	55.9 ± 8.0 +	54.3 ± 7.9 +
Egg shell	51.7 ± 9.5	50.2 ± 9.5	60.5 ± 5.9 +	58.9 ± 6.0 +
Fish bone	48.9 ± 6.0	47.8 ± 5.8	66.6 ± 11.7	65.5 ± 11.5
Scallop shell	44.2 ± 6.5	42.9 ± 6.6	63.8 ± 7.1 +	62.0 ± 7.1 +
Dolomite	34.8 ± 6.4	33.9 ± 6.6	51.4 ± 10.9	50.1 ± 11.2

Values are means ± SD (n=5).

+, Significantly different from 0.1% Ca diet, #; Significantly different from CaCO<sub>3</sub> diet, at  $p < 0.05$ .

Data were analyzed by one-way analysis of variance (ANOVA), followed by Scheffe's multiple comparison test.

表6 大腿骨重量、破断強度、カルシウム及びマグネシウム含量

	Mean femur weight	Breaking strength	Ca content	Mg content
	g	kgf	mg	mg
Ca-free	0.59 ± 0.04	6.6 ± 0.6	61.7 ± 3.5	1.4 ± 0.1
<u>0.1% Ca</u>				
CaCO <sub>3</sub>	0.57 ± 0.07	7.4 ± 0.6	66.9 ± 3.3	1.5 ± 0.1
Egg shell	0.57 ± 0.01	7.3 ± 0.7	68.4 ± 2.2	1.5 ± 0.0
Fish bone	0.58 ± 0.03	7.4 ± 0.8	66.9 ± 2.8	1.5 ± 0.1
Scallop shell	0.55 ± 0.03	7.5 ± 0.7	67.0 ± 2.8	1.4 ± 0.1
Dolomite	0.54 ± 0.03	7.4 ± 0.8	65.5 ± 6.2	1.4 ± 0.1
<u>0.25% Ca</u>				
CaCO <sub>3</sub>	0.54 ± 0.03	7.8 ± 0.4	68.2 ± 2.0	1.2 ± 0.1 **
Egg shell	0.55 ± 0.05	8.5 ± 0.4 *	74.2 ± 5.1 *	1.1 ± 0.1 **
Fish bone	0.57 ± 0.03	8.4 ± 0.1	74.6 ± 2.3 *	1.1 ± 0.1 **
Scallop shell	0.58 ± 0.03	8.7 ± 0.2 *	72.9 ± 1.6 *	1.2 ± 0.1 **
Dolomite	0.55 ± 0.02	8.9 ± 1.0 *	69.7 ± 4.1	1.2 ± 0.1

Values are means ± SD (n=5).

\*, Significantly different from Ca-free diet, +; Significantly different from 0.1% Ca diet, at  $p < 0.05$ . Data were analyzed by one-way analysis of variance (ANOVA), followed by Scheffe's multiple comparison test.

は無味無臭の白色粉末であり、カルシウムとマグネシウムの両者を補給できるため、食品素材として様々な加工食品に使用されている。対照として用いた炭酸カルシウムはカルシウム含量が高く安価であることから、カルシウム補助食品等に最もよく用いられている素材であり、胃酸過多に対する制酸剤としても使われている。

カルシウムはイオンの形で吸収されることから、溶解性の高いカルシウム塩の方が吸収されやすいと考えられる。実際、カルシウムの溶解性を高めるクエン酸<sup>7)</sup>やカゼインホスホペプチド<sup>8)</sup>の添加や、溶解度の高いカルシウム化合物であるグルコン酸カルシウム<sup>3)</sup>の添加はカルシウム吸収率を高めることが報告されている。本研究で使用した炭酸カルシウムやリン酸カルシウムを主成分としたカルシウム素材は、いずれも水に溶けにくいという吸収には不都合な特徴を有している。しかし、無機カルシウム塩の吸収率は塩の種類による大きな差はないとする報告は多く<sup>9-10)</sup>、溶解性の異なるカルシウム塩である炭酸塩、酢酸塩、乳酸塩、グルコン酸塩、クエン酸塩がいずれも同様な吸収率であることを示す報告もある<sup>9)</sup>。経口摂取したカルシウム塩はまず胃液に接触するため、水には不溶な塩であっても胃液に溶解する塩であれば吸収に大きな問題はないのかもしれない。

Fujita ら<sup>11)</sup>は、高齢者において焼成カキ殻・海藻カルシウムは炭酸カルシウムに比べて骨密度上昇効果が高いことを示した。無機塩に比べて天然物由来カルシウム素材で高い生体利用性が得られた理由に、天然物に含まれるカルシウム以外のミネラルその他の成分が関係している可能性が考えられる。本研究の結果、卵殻、魚骨、ホタテ貝殻カルシウムにおいては、カルシウム出納、見かけの吸収率、体内保留率が炭酸カルシウムに比べて高い傾向を示し、大腿骨破断強度ならびに大腿骨カルシウム含有量も炭酸カルシウムに比べて高い値であった。しかし、カルシウム利用の指標としてのこれらの値に炭酸カルシウムとの有意差が認められるほどの差ではなかった。なお、鉱物カルシウムであるドロマイトは他の動物性カルシウム素材に比べてカルシウム利用率が低かったが、大腿骨の破断強度は動物性カルシウム素材と同様な高い値を示した。カルシウムの体内利用にはリンやマグネシウムのような他のミネラルが影響する。そのため、ドロマイトの骨に対する効果には、ドロマイトがカルシウムとマグネシウムをバランスよく含むことが関係しているのかもしれない。

カルシウムの貯蔵庫である骨は、極端な食餌条件

でない限り明らかな影響を受けないと考えられる。食餌カルシウムレベルの高い実験条件においては、吸収率の低さは量でカバーされてしまうため、吸収率や利用率の差は出にくいと考えられる。そこで本実験においては低カルシウム食でラットを飼育するという実験条件を設定した。その結果、骨量ならびに破断強度には食餌カルシウムレベルに応じた差を認めた。必要量レベルの5分の1という極端な低カルシウム食である0.1%カルシウム食飼育においては、大腿骨にカルシウム源の差による影響を認めるには至らなかった。摂取カルシウム量があまりにも少なすぎたためと考えられる。食餌カルシウムレベルを通常レベルの半分とした0.25%カルシウム食飼育にすると、対照の炭酸カルシウムに比べて天然物由来カルシウム素材で大腿骨の強度が高くなる傾向を認めた。

以上のように、本研究で検討した天然物由来カルシウム素材である卵殻カルシウム、魚骨カルシウム、ホタテ末カルシウム、ドロマイトのいずれにも、炭酸カルシウムと同等あるいはより優れた効果が認められたことから、カルシウム強化食品やサプリメントのカルシウム源として有効であることが示された。なお、今回の実験条件下においては、いずれのカルシウム利用指標についても、被験カルシウム素材の利用率が炭酸カルシウムに比べて明らかに優れているという結論には至らなかった。今回の結果は、成熟ラットにおける2週間という短期間の実験で得られたものであることから、成長期ラットを用いてより長期間の実験を行うなど、さらなる検討が必要と考える。

## 参考文献

- 1) Duflos C, Bellaton C, Pansu D and Bronner F. Calcium solubility, intestinal sojourn time and paracellular permeability codetermine passive calcium absorption in rats. *J Nutr*, 125, 2348-2355, 1995
- 2) Bronner F and Pansu D. Nutritional aspects of calcium absorption. *J Nutr*, 129, 9-12, 1999
- 3) Pansu D, Duflos C, Bellaton C and Bronner F. Solubility and intestinal transit time limit calcium absorption in rats. *J Nutr*, 123, 1396-1404, 1993
- 4) Weaver CM, Martin BR, Ebner JS and Krueger CA. Oxalic acid decreases calcium absorption in rats. *J Nutr*, 117, 1903-1906, 1987
- 5) Hara H, Suzuki T, Kasai T, Aoyama Y and Ohta A. Ingestion of guar gum hydrolysate, a soluble fiber, increases calcium absorption in totally gastrectomized rats.

- 
- J Nutr, 129, 39–45, 1999
- 6) Reeves PG, Nielsen FH and Fahey GC 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-76 A rodent diet. J Nutr, 123, 1939–1951, 1993
  - 7) Lacour B, Tardivel S and Drueke T. Stimulation by citric acid of calcium and phosphorus bioavailability in rats fed a calcium-rich diet. Miner Electrolyte Metab. 23, 79–87, 1997
  - 8) Hansen M, Sandstrom B, Jensen M and Sorensen SS. Effects of casein phospho- peptides on zinc and calcium absorption from bread meals. J Trace Elem Med Biol, 11, 143–149, 1997
  - 9) Sheikh MS, Santa Ana CA, Nicar MJ and Schiller LR. Fordtran JS: Gastrointestinal absorption of calcium from milk and calcium salts. N Engl J Med, 317, 532–6, 1987
  - 10) 中嶋洋子、江指隆年：カルシウム源の差によるカルシウム吸収率の比較検討：各食品中カルシウムの乳類カルシウム利用率との比較（乳類カルシウム利用率を100として）. 臨床栄養、85、81–85、1994
  - 11) Fujita T, Ohue T, Fujii Y, Miyauchi A and Takagi Y. Effect of calcium supplementation on bone density and parathyroid function in elderly subjects. Miner Electrolyte Metab, 21, 229–231, 1995