

## 小魚の可溶化カルシウム

作成者：徳島県立工業技術センター 主任研究員 新居 佳孝

### 1. しらす干しについて

#### 1. 1 概要

しらす干しは、イワシ類（カタクチイワシ、マイワシ、ウルメイワシ、イカナゴ等）の稚魚を塩水で煮熟後、天日などで乾燥させたものであり、四国では水分量を45%前後まで乾燥させた製品を「ちりめん」もしくは「ちりめんじゃこ」と称している<sup>1)</sup>。春から秋はカタクチイワシの稚魚、冬季はマイワシやウルメイワシの稚魚が漁獲される。マイワシは2～3月に日本の南側の海で産卵し、その稚魚は3～5月に太平洋岸や瀬戸内海で水揚げされる。主な産地は静岡、愛知、和歌山、兵庫、香川、愛媛、鹿児島などである<sup>2)</sup>。なお、徳島県小松島市の和田島漁港にて生産される「和田島ちりめん」は、単一漁協としては全国一の漁獲高を誇っている。



#### 1. 2 食品あるいは含有成分の機能性

カルシウムは体内に最も大量に存在するミネラルで、体重の1～2%（約1kg）を占めている。そのうちの99%は骨と歯の重要な構成成分であり、残りの1%は筋肉、神経、血液をはじめとする軟組織に存在して生体の恒常性維持に関与している。骨は吸収と形成を常に繰り返しており、成長期には骨形成が骨吸収を上回り、最大骨量（ピークボーンマス）に達する。その後、成人では骨吸収と骨形成がほぼ平衡状態となるが、骨量は徐々に低下していく。閉経以降もしくは高齢期では、骨吸収が骨形成を上回り、骨量はさらに減少する。

カルシウムの摂取量が不足した場合には、生体の恒常性が優先されるため、不足分は骨から供給される。このように、骨はカルシウムの貯蔵庫の働きをしているが、永年にわたりカルシウムの摂取不足が続くと十分な骨量を維持できなくなるおそれがある。これまでの多くの研究結果から、カルシウム摂取量と骨密度とは有意な関連が認められており、特にカルシウム摂取量の不足と骨粗鬆症との関連が強く指摘されている。なお、カルシウム摂取量と大腿骨頸部骨折の発症との関連については未だ十分に明らかになっていない。

しかし、カルシウムは、これまで一度も目標量を満たしたことはない。これを満たすためには、カルシウムに富む食品をこれまで以上に摂取しなければならないが、現状を考慮すると、食習慣の意識的な改革とともに相当な努力が必要と思われる。このため、カルシウムを効果的に摂取するためには、量的な確保に加えて、栄養学的な利用効率、すなわち吸収性を考慮した調理または食方法を採用する必要があると考えられる。

### 1. 2. 1 カルシウムを含む食品

カルシウムが多く含まれるとされる食品類は、小魚類のほか、牛乳・乳製品、豆類および緑黄色野菜などが挙げられる。

#### <引用・参考文献>

1. 文部科学省科学技術・学術審議会資源調査分科会：五訂増補日本食品標準成分表, pp. 346, 国立印刷局(2005)
2. 平成 19 年水産加工品生産量：農林水産省ホームページ(2008/7/10 登録)  
<http://www.maff.go.jp/www/info/bunrui/bun06.html#nen3>

## 2. 可溶化カルシウムについての説明

食品に含まれているカルシウムは、タンパク質と結合しているもの、リンや乳酸と結合して化合物を形成しているもの、さらにはイオンとして遊離の形で存在しているものなどその存在形態は食品ごとに異なっている。食品中のカルシウムが小腸から吸収されるためには、カルシウムが水溶液中に溶解（可溶化）した状態で存在しなければならないことが明らかにされている。すなわち、カルシウムが生体で吸収されるためには、食品中の栄養成分が消化・吸収される過程でカルシウムも可溶化されていなければならないことを意味している。実際、カルシウムは、胃酸の

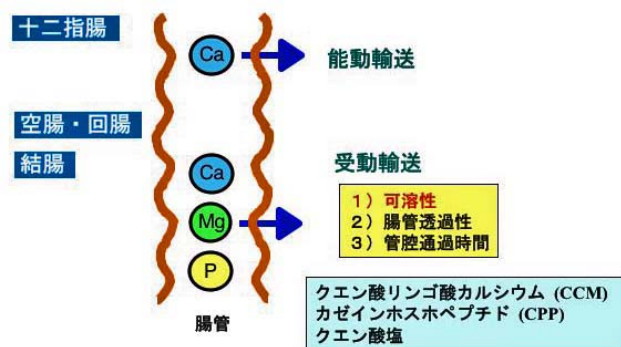


図 2-1 腸管におけるミネラル吸収

働きによりその形態にかかわらず、ほぼ 100%が可溶化されているが、肝心のカルシウムの吸収部位である小腸では、胆汁酸塩などの流入と pH の上昇により、一旦可溶化したカルシウムの相当量が不溶化して吸収されないと考えられている。

腸管におけるカルシウム吸収には、2つの経路があり、1つは、細胞内を通過する能動輸送であり、もうひとつは、細胞間隙を通過する受動的な拡散である（図 2- 1）。カルシウム摂取量が低いときは能動輸送が重要となるが、カルシウム摂取量が適切か、もしくは高い時には、受動輸送が優位となる。同様に、マグネシウム、リンなど大半のミネラルの吸収は受動輸送で行われており、利用効率を決定する因子として、(1) 可溶性 (2) 腸管透過性 (3) 管腔通過時間が挙げられている。すなわち、消化管において可溶性の高いカルシウムを摂取することは栄養学的に有効な手段であると考えられる。代表的な吸収性の高い物質として、これまでにクエン酸およびリンゴ酸を一定のモル比で混合した CCM、カゼインホスホペプチド (CPP) およびクエン酸塩などが知られている。

### **3. 定量分析の方法について**

可溶化カルシウム（水溶液中に溶解した状態のカルシウム）を原子吸光光度計により定量する方法を述べる。

#### **3. 1 準備する器具など**

1. 原子吸光光度計
2. カルシウム用中空陰極ランプ
3. アセチレン
4. コンプレッサー（助燃ガス（空気）供給用）

[試薬]

1. 1 % 塩酸（原子吸光分析用もしくは精密分析用）

市販品をイオン交換水で希釈する。

2. カルシウム標準原液（市販品）
3. 測定用カルシウム標準溶液

標準原液を適宜 1 % 塩酸で希釈して、検量線 2~25ug/ml の濃度の標準溶液を調製する。ストロンチウム溶液を測定用試料と同濃度になるように加える。

4. ストロンチウム溶液

干渉抑制剤として塩化ストロンチウム六水和物 15. 215g（ストロンチウムとして 5 % (w/v)）を 1 % 塩酸に溶解して 100ml に定容する。

#### **3. 2 分析用試料の前処理・調製方法**

[小魚からのカルシウム可溶化試験]

1. しらす干しをフードカッター（MK-K75, 松下電器産業（株）製）にて細砕する。
2. このうち 1 g を精秤し、これに 20ml の柑橘果汁（スダチ果汁、レモン果汁、ユズ果汁）を加え、37℃で 1 時間振とうした。対照として超純水（Milli-Q SP, ミリポア社製）を柑橘果汁の代わりに用いた。
3. 振とう後、試料を遠心分離（18, 000 g, 10 分間, 4℃）し、得られた上清中（可溶化画分）のカルシウム量を定量した。

4. 上清を 550℃で灰化し、1%塩酸にて抽出した後、原子吸光光度計を用いて定量した。干渉除去剤としてストロンチウム溶液を添加した。
5. しらす干しからのカルシウムの可溶化率は、試料中に含まれるカルシウム量に対する可溶化したカルシウム量の割合 (%) で表した。

### 3. 3 原子吸光光度計による分析方法

#### 3. 3. 1 定量

1%塩酸試料溶液の適量を容量 25ml のメスフラスコに採取し、干渉除去剤としてストロンチウム溶液を添加し、1%塩酸で定容して測定用試料溶液とする。これを原子吸光光度計のネプライザーで吸入噴霧し、アセチレン-空気フレイムに導入する。カルシウムの中空陰極ランプの測定波長は、422.7nm に設定する。なお、原子吸光光度計の操作法は、各機種により異なるため、詳細についてはそれぞれの操作説明書を参照されたい。

## 4. 分析例

### 4. 1 原子吸光光度計による分析例

定量には標準溶液を用いて作成した検量曲線から濃度を算出する。以下に典型的な標準曲線を図 4. 1- 1 に示す。

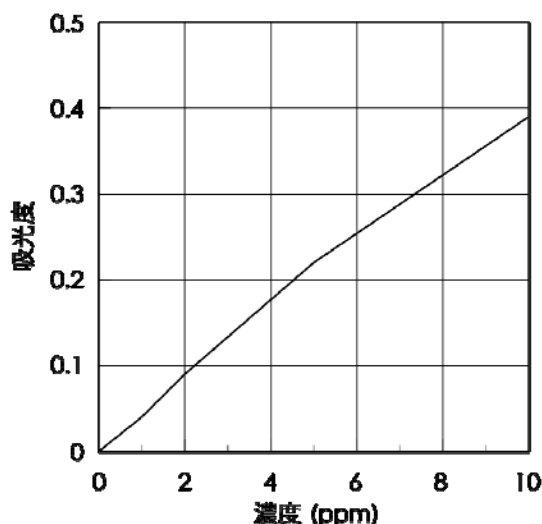


図 4. 1- 1 カルシウム標準溶液の検量曲線

## 5. 食品の分析結果例

上記手法を用いて、小魚中の可溶化カルシウムの定量分析を行い、可溶化率を算出した。その結果、カルシウムの可溶化率は、対照（超純水）で 13% となった。これに対して、スダチ果汁を加えることにより 89% にまで上昇した。同様にレモン果汁では 93%、ユズ果汁では 91% のカルシウムが可溶化することが分かった。

## 6. 分析上の留意、注意点

測定用試料溶液には、干渉除去剤であるストロンチウム溶液を必ず添加すること。

## 7. その他

我々は、柑橘果汁の添加による小魚カルシウムの可溶化率の増加が、カルシウムの吸収率の上昇に結びついていることをヒトおよびラットの両系から明らかにしている<sup>1)2)</sup>。さらにこの作用は、スダチ果汁に含まれるクエン酸が主に関与していることも報告している<sup>3)4)</sup>。

### <引用・参考文献>

1. Nii, Y., Fukuta, K., Sakai, K. and Yamamoto, S.: J. Nutr. Sci. Vitaminol., 50, 177-183 (2004)
2. Nii, Y., Osawa, T., Kunii, D., Fukuta, K., Sakai, K., Kondo, M. and Yamamoto, S.: Food Sci. Technol. Res., 12, 27-30 (2006)
3. 新居佳孝・福田和弘・清蔭亮子・坂井堅太郎・山本茂: 栄食誌, 50, 439-443 (1997)
4. 新居佳孝・福田和弘・坂井堅太郎・小松龍史・山本茂: 食科工, 47, 544-547 (2000)

## 8. 定量法に関する引用・参考文献

1. 新居佳孝・福田和弘・清蔭亮子・坂井堅太郎・山本茂: 栄食誌, 50, 439-443 (1997)

—以上—

[トップページに戻る](#)