

食と健康、必須栄養素としてのミネラル

序

世界には長寿者が集中的に住むブルーゾーンと呼ばれる地域がある。沖縄はかつてはその一つであった。近年その地位を日本の他の地域に譲ってしまった。その主な原因は生活習慣、特に食習慣の変化であると考えられている。ブルーゾーンの人々の生活から見えてくる長寿の三要素は食と運動と脳が関わる精神活動、心の有り様である。なかんずく、食は身体を作る材料であり、その活動を支えるエネルギーのもとになる。すなわち、脳と運動を支える意味で三要素の中でもっとも大切で、生命活動の基本である。

栄養素と非栄養素

生命活動を支えるこのような食の役割は栄養と呼ばれる。栄養となる食品成分が栄養素であり、生命体という構造を作るための材料であり、かつ、その活動に必要なエネルギーの元になる。タンパク質、炭水化物、脂肪を基本栄養素、その基本栄養素を利用して生命活動を維持する生体内代謝反応を円滑に行うために必須なビタミン、ミネラルは微量栄養素と呼ばれる。ミネラルは水素、炭素、窒素、酸素以外の元素をいうが、ここでいうミネラルは主に栄養素として必要な無機塩類を指す。

基本栄養素と微量栄養素がいわゆる必須栄養素であるが、食品成分の中にはこれら以外に従来生命活動には必ずしも必須ではないとして非栄養素として分類されてきたものがある。それらが抗酸化活性や薬理的な作用を持ち、細胞の損傷を抑えたり、損傷の修復を促進したりする役割を持つことが明らかになって来たことから、食品機能因子(フードファクター)と呼ばれるようになった。ポリフェノールなどの植物の二次代謝産物や食物繊維などがそれに相当する。柑橘類に見られるヘスペリジンなどはビタミンPとも呼ばれビタミンの仲間として扱われることもある。

機能性食品

このように食品の機能は本来的な栄養という役割(一次機能)とその栄養を適正に摂取できるようにする色味匂いのような感覚的役割(二次機能)に加えて、薬理、生理的役割(三次機能)が食品の第三の役割として分類されるようになった。

日本では行政的に病気を治すのは医薬品で健康を維持するものが食品であると明確な区別がされてきたが、食品機能因子の役割が明らかにされてきたことから、新たに機能食品という考え方が誕生した。現在では食品の中に特定保健用食品(FOSHU: Food for Specified Health Uses)、栄養機能食品、機能性表示食品および一般健康食品という新たな区分が生まれている。

特定保健用食品、機能性表示食品は特定の薬理作用を持つ成分(食品機能因子)に着目してその成分の健康効果を発揮するようにデザインされた食品であって、国の許認可を必要とするために十分な機能性を証明するデータが必要である。一方、栄養機能食品は主にビタミン、ミネラルなどの微量栄養素を補給して代謝反応を正常に保つことを目的に使われる食品である。そのために内容が明確であれば国の認可を受けやすい。

沖縄サンゴ(株)の提供しているオーガニックミネラル(風化造礁サンゴ)は栄養機能食品としての特性が高い。

ミネラル補給サプリメント

日本ではミネラルとしてはカルシウム、マグネシウム、亜鉛、カリウム、クロム、セレン、鉄、銅、ナトリウム、マンガン、モリブデン、ヨウ素、リンの13種が食品摂取基準の対象となっている。国民栄養調査では唯一栄養基準に満たないミネラルということでカルシウムの補給が重視されているが、生体の酵素反応に必須なマグネシウムや亜鉛などもサプリメントとして最近重視されているミネラルである。そのほかの微量ミネラルについてはその必要性は明確であるが、その適正な摂取法についてはまだ十分社会的理解が進んでいるとは言い難い現状である。

ミネラルの生体における役割

生命活動におけるミネラルの必要性、役割については個々のミネラルについての個別検証で明らかにされてきた。ミネラルの中にはプラスのイオンになる金属原子とマイナスイオンになるリン酸、ヨウ素、硫黄が含まれる。

生体ではそれぞれのミネラルの存在部位による分類もできる。カリウム、マグネシウム、リン、亜鉛、鉄などは細胞内ミネラルであり、ナトリウム、カルシウム、塩素などは細胞外ミネラル、リン、マグネシウム、ナトリウム、カルシウムは骨ミネラルである。硫黄、銅、マンガンなどはいずれにも属さないミネラルである。

ミネラルが必要である理由は、基本的には、1) 体を作る材料として使われる、2) 色々な代謝反応を促進する酵素の反応を助ける捕因子として働く二つに大別できる。骨の材料であるカルシウム、マグネシウムやリン酸は前者の例である。ヨウ素や硫黄も甲状腺ホルモンやアミノ酸の原料としてそれぞれ必要とされる。

一方、プラスイオンになる金属原子はほとんどが後者の例で、例えば、カルシウムやマグネシウムは骨の材料であると同時に、筋肉の収縮に関係するCa-ATPアーゼや糖の分解に働くグルコキナーゼなどの酵素の一部として、あるいは酵素と基質の反応をスムーズにするための捕因子として働いている。その他の亜鉛やセレンウム、ニッケルなどの微量金属ミネラルのほとんども後者の酵素反応に必須な補因子である。

酵素活性とミネラル

酵素は生体内で行われる代謝と呼ばれる色々な反応をスムーズに進めるタンパク質であるがそれだけでは活性がない。ミネラルと一緒に初めて酵素反応が進行する。酵素反応におけるミネラルの役割は、酵素の一部として直接必要である場合と、酵素と基質の反応を円滑にするために間接的に働く場合がある。例えば、酸化還元酵素であるシトクロームCは鉄イオンがヘム鉄としてタンパク質に組み込まれていて活性中心となっている。一方、生体はミトコンドリアで合成される生体のエネルギー通貨であるATPをATPアーゼという酵素で分解する時にエネルギーを運動や輸送、タンパクの合成など様々な生体反応に使う。この反応ではATPはマグネシウムと結合して初めてATPアーゼにより分解される。従って生体のエネルギー代謝にはマグネシウムはなくてはならないミネラルである。

炭酸マグネシウムを多く産するギリシャの町、マグネシアに由来する名前を持つ元素であるマグネシウムはエネルギー代謝以外にも解糖系、細胞膜輸送、筋肉、神経伝導などの多岐にわたる生体反応に関わる300とも500とも言われる酵素が必要とする重要なミネラルである。

マグネシウム以外にも酵素反応に必要なミネラルの代表例を以下に示した。

カルシウムは、筋肉の収縮や細胞内シグナルに必要なカルシウムの細胞内輸送に関係する酵素Ca-ATPaseの活性化に自身が必要。

抗酸化酵素SODは亜鉛やマンガン、銅が活性中心として働く。

抗酸化酵素のグルタチオンパーオキシダーゼ(GPx)は捕因子としてセレンウムが必要。

コバルトはビタミンB12の補欠分子であり、クロムは赤血球の補欠分子である。

亜鉛、マンガン、コバルト、マグネシウムなどは種々の加水分解酵素の捕因子として働く。

肝臓でのエタノールの代謝を行っているアルコールデヒドロゲナーゼは亜鉛を捕因子として要求。

モリブデンはアルデヒドを酸化して水にする酵素アルデヒドオキシダーゼやプリン核を尿酸に代謝するキサンチンオキシダーゼなどの金属フラビン酵素の捕因子である。

銅を含む酵素にはSOD、シトクロームオキシダーゼ、チロシナーゼなど種々が知られている。

鉄を必要とする酵素にはシトクロームc、P450、カタラーゼ、ペルオキシダーゼなど酸化還元に関係する酵素が多い。

アルギナーゼやプロリンジペプチダーゼなどのペプチダーゼにはマンガンが必須でコバルト、亜鉛、マグネシウムを捕因子とする他のペプチダーゼでもマンガンを代替できる。

クロム、特に6価クロムは毒性があるが、少量では糖やコレステロール代謝に必須。などなど。

ミネラルの作用についての研究は個別のミネラルについてその欠乏症などを観察して作用、必要度が推察されてきた。しかし、それらの結果はミネラルの生体における作用を説明する一部にはなっても全部ではない。何故なら、化学周期表の同じ族に属するミネラルは同じような化学的挙動を示し、また物理的な挙動(例えば水和半径など)が似ているミネラル同士もあるために、相互に影響し合う可能性がある。マンガンがペプチダーゼの補欠因子として働くコバルト、マグネシウム、亜鉛に代替できる例や、カルシウムの吸収や排泄がマグネシウムにより影響される例などを考えると、ミネラルの補給は個々でその過不足を論じるよりも全体として適正なバランスを持つ混合物全体での補給がより望ましいと考えられる。

バランスの取れたミネラルの補給という意味からは風化造礁サンゴは望ましいミネラル源になると思われる。動物の体液のミネラル組成は生物の生まれた海のミネラル組成を反映していると言われるが、身体全体では同じでは無い。生きている間に必要なミネラルを体内に蓄積していたサンゴや様々な生き物の遺骸の堆積物でもある風化造礁サンゴは生物に必要なミネラルが閉じ込められているパッケージとも言え、“オーガニックミネラル”として生物に必要なミネラルバランスがよく反映されているものと考えられる。それから作られる風化造礁サンゴ顆粒は微量ミネラルを含めたミネラルをバランスよく補給するための栄養補助食品として理想的なものであるとも考えられる。

栄養サプリメント以外の風化造礁サンゴ顆粒の応用

オーガニックミネラルとして理想的な食品素材である風化造礁サンゴ顆粒には土壌改良材としての有用性が高いということも知られている。その理由の一つにはミネラルの補給ということに加えて、サンゴの多孔性という物理的性状があると考えられている。多孔質物質の特性としては高い吸着性があり、炭の脱臭作用などは臭気分子が炭の無数の穴に入り込みことで起きる。水質浄化に使われる多孔性セラミックスの穴には微生物が住み込み易く、同時に吸着される餌となる有機物の分解を促進することが水浄化作用の背景であると言われている。多孔質である風化造礁サンゴ顆粒が土壌改良に力を発揮するのは土壌の有用菌(Effective Microorganisms)である放線菌や酵母、乳酸菌などの棲家を提供していることが、単なるミネラル補給だけでなく土壌改良材として高付加価値を与えているものと推察できる。

風化造礁サンゴの他の特性として水素の発生が言われている。水素は最近ヒドロキシラジカルに特異的な抗酸化剤であることが報告されて以来、水素水などの水素関連商品が関心を引いており、多くの製品が上市されている。風化造礁サンゴ顆粒そのものは基本的には炭酸カルシウムが主成分と考えると水素発生機能があるとは考え難いが、風化造礁サンゴを原料として加工した焼成サンゴカルシウムがマイナス水素イオン発生材として開発されている。マイナス水素イオン自体は極めて寿命が短いもので、生体内で安定に存在するとは考えられないために、その作用については疑問視されているところもある。しかし、マイナス水素イオンは化学的には電子を周りのオキシダントに与えて水素原子に変化する、あるいは水中のプロトン(H+)と結合して水素を形成する性質のものであるので、焼成サンゴカルシウムが水素発生素材という言い方もあながち間違いではないかもしれない。焼成サンゴカルシウムが水のORPを低下させる現象は確かなようであるので、上の可能性は十分あり得る。数十億年前の還元的環境下で水素化ミネラル、例えば、水素化カルシウムや水素化マグネシウムのようなものが風化造礁サンゴの中に形成されているからであるという可能性が全く無いわけではないが、風化造礁サンゴ顆粒からも水素ができるという経験的観察はこれからも更なる検証が必要であろう。

〈参考〉

- 1) “ブルーゾーン” ダン・ブイットナー 著、仙名 記 訳(2010)ディスカバートエンターワン社
- 2) 小西徹也、食養・食療機能概念による機能性食品開発と応用 (2015)日本未病システム学会誌 21(3) 30-36
- 3) 荒井宗一、“機能性食品”食品機能性の科学編集委員会編 InTech Information (2008) pp 39-40
- 4) 機能性表示食品とはwww.caa.go.jp/policies/policy/food_labeling/about_foods_with.../150810_1.pdf
- 5) 厚労省27年度国民栄養調査<https://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/eiyou/h27-houkoku.html>
- 6) Shenkin A, Micronutrients in health and disease (2006) Postgrad Med J 82, 559-567 (www.postgradmedi.com)
- 7) Wilson L, Minerals for Life, A Basic Introduction (2012) <http://drlwilson.com/Articles/MINERALS%20FOR%20LIFE.htm>
- 8) 山根靖弘、生体中の微量元素イオンの役割 (1990) 保健物理 25, 269-277
- 9) 西牟田守、生体における無機質の生理学的および病態生理学的特性 (2018) <http://nutritio.net/kiban2/ronbun/nishimuta01.htm>
- 10) 糸川嘉則、カルシウム、マグネシウムの生体中での挙動 (1994) Inorganic Materials 1 (252), 118-124
- 11) Muterl O, Potapova K, et al, Comparative study on bacteria colonization onto ceramic beads originated from two Devonian clay deposits in Latvia (2012) Material Science and Applied Chemistry 26,134
- 12) Li H, Zhang N, et al, Meeting report: 6th Negative Hydrogen Ions International Academic Forum (2017) Med Gas Res 7, 74-75
- 13) Ohsawa I, Ishikawa M, et al, Hydrogen acts as therapeutic antioxidant by selectively reducing cytotoxic oxygen radicals (2007) Nature Medicine 13, 688-694 (小西徹也 2018.07.15)