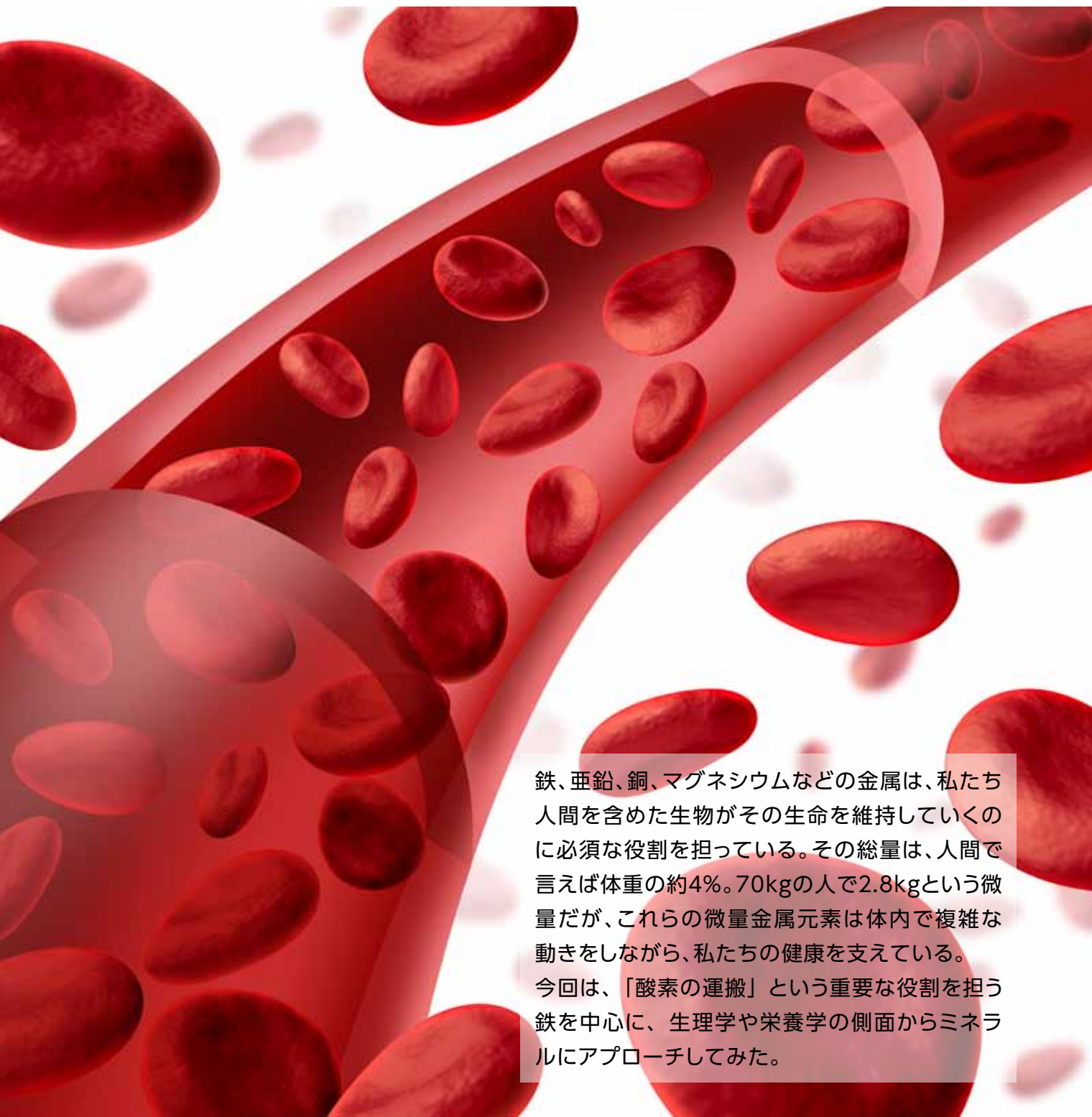




健康を守る



鉄、亜鉛、銅、マグネシウムなどの金属は、私たち人間を含めた生物がその生命を維持していくのに必須な役割を担っている。その総量は、人間で言えば体重の約4%。70kgの人で2.8kgという微量だが、これらの微量金属元素は体内で複雑な動きをしながら、私たちの健康を支えている。今回は、「酸素の運搬」という重要な役割を担う鉄を中心に、生理学や栄養学の側面からミネラルにアプローチしてみた。

生命を支えるミネラルたち

自然界には100種近くの無機元素が存在しているが、この中の約20種ほどの元素が人間には必要だと言われている。とりわけ鉄は「酸素と結び付きやすい」という性質から、太古の昔から生命と深い関わりを保ってきた。生命活動とは一見無関係のように思える各種の金属が、私たちの生命を支えている――。

生命に必須の20種の無機元素

私たち人間を含め生物は、ご存じのようにタンパク質、炭水化物、核酸などの有機化合物で構成されている。これらは、炭素、水素、酸素、窒素の四元素からできており、ある種のものには、ほかに少しイオウとリンが含まれている。しかし、有機化合物だけでは、生物はその生命を維持していくことができない。私たち人間が生きていくうえで、鉄、亜鉛、カルシウムなどの金属が極めて重要な役割を担っているのだ。

いま生物を取り囲む自然界には、有機化合物を構成する六元素のほかに、無機化合物を構成する元素が90種以上存在している。そして、この内の20種ほどの元素が、生命にとって必須なものと言われている。人間の肝臓中の分布度の大きい順に列挙すれば、ナトリウム(Na)、カリウム(K)、マグネシウム(Mg)、カルシウム(Ca)、鉄(Fe)、塩素(Cl)、亜鉛(Zn)、ケイ素(Si)、銅(Cu)、マンガン(Mn)、バナジウム(V)、モリブデン(Mo)、セレン(Se)、ヨウ素(I)、スズ(Sn)、クロム(Cr)、コバルト(Co)などである。

これらの金属は一般にミネラルと呼ばれているが、こうしたミネラルの生体内での総量は、体重の4%程度。体重70kgの男性で、2.8kg程度だ。当然、ひとつひとつの元素の量は極微量である。それぞれの元素が果たす機能は、まだまだ研究途上のものも多いが、大別すれば、①生体機能の調整、②体組織の構成、③生理活性物質の構成成分、の3つと言われている。こうした機能を司りながら、金属たちは生命の維持に貢献しているわけだ。

■体内での鉄の使われ方



酸素呼吸を生み出した「鉄」

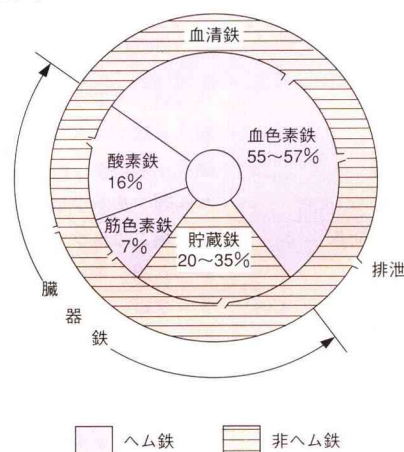
では、鉄を中心にミネラルが生体の中でどのような役割を担っているかを紹介しよう。

鉄は「生命に不可欠な酸素を運ぶ」役割を果たしていることで知られている。もともと、鉄は酸素と結合しやすい性質から、生物の発生の頃から生命と深い関わりを保っている。

最初に地球上に現れた細菌やラン藻などの生物は、自己の栄養をつくりだすために太陽の光を利用した。水を分解し水素で二酸化炭素を還元して炭水化物をつくる光合成である。この光合成の副産物として大量の酸素が放出されはじめた頃、海洋には現在の海洋中濃度の数千倍という大量の鉄が含まれていた。酸素はこの海水中の鉄と化合して、大量の酸化鉄を沈殿させた。それが、現在の鉄鉱床、いわゆる縞状鉄鉱層と呼ばれるもので、主に30～18億年前に形成されたものだ。

ところが、鉄の供給がつかた後、酸素は大気中に放たれはじめ、急激に増加しだす。当時酸素は地球上にはなく、いわば酸素による大規模な大気汚染が始まったわけだ。これによって、多数の種が減びたと言われている。そして、この生命の危機的状況の中で、生物界に一大革命が訪れる。酸素呼吸である。酸素を燃やすことによって有用なエネルギーを得るというシステムが誕生した。これによって、生物は高等生物にいたる新たな進化を遂げていくことになるわけだが、この酸素呼吸を成立させるところに、鉄が関与している。酸素のやりとりは、有機化合物の不得手とする

■鉄の体内分布



ところ。鉄や銅・マンガンなどの金属元素が介入して初めて、酸素呼吸が成り立つのである。

つまり、酸素の大気中への放出を防ぎ、原始の生命体の繁栄を支えたのも鉄であり、また、生命の新たな進化を促す酸素呼吸を成立させ得たのもまた、鉄だったのである。

体内に存在する鉄は2～3g

さて、生命と深い関わりをもつ鉄だが、私たちの体内に存在する量は、成人男子でたった3g、成人女子で2g。極微量である。

体内の鉄の大部分は、複合タンパク質として存在しているが、赤血球のヘモグロビンもそのひとつだ。ヘモグロビンのヘムは、鉄原子がポルフィリンと結合した状態のこと。ヘムには、酸素の多いところでは酸素と結合するが、反対に少ないところではすぐに酸素を放す、という性質がある。この性質によって、酸素の多いところ、つまり肺から、酸素の少ない体内の全域に酸素を運搬するのである。

もうひとつ、体内にはヘモグロビンと似たヘムの化合物であるミオグロビンがある。これは、ヘモグロビンよりも酸素との結び付きが強く、血液に乗って運ばれてきた酸素を筋肉中に定着させている。酸素を運ぶのが鉄の第1の仕事なら、この酸素を定着させるのが鉄の第2の仕事だ。

さらに、代謝機能や細胞内でのエネルギー産出においても、ヘム化合物は重要な働きをしている。これらの生体の機能に役立つ鉄タンパク質に含まれる鉄は「機能鉄」と呼ばれ、体内の鉄全体の70%を占めている。残りの30%は、フェリチンやヘモシデリンといった「貯蔵鉄」といわれるもので、肝臓や脾臓、骨髄、筋肉などに存在している。

土中から鉄を吸収する植物

このように有用な鉄だが、不足になるとどんな影響がでるかと言えば、ご想像の通り貧血である。日本人にとって鉄はカルシウムに次いで不足しがちなミネラルと言われており、毎日の食生活においてもその摂取に気をつけたいも

のだ。もっとも体内の鉄量は2～3gだが、一旦吸収されてしまった鉄は、体内で何度も再利用されるので、摂取量としては意外に少なくていいのだという。

もともと鉄は、生物にとって取り込みにくい元素のひとつだ。先に述べたように原始の海洋中には十分な鉄があり、生物は鉄を獲得するのにさして苦労はしなかった。ところが、現在の地球上で大気にさらされている部分では、鉄は酸素によって酸化されてFe³⁺の形になっており、しかもFe³⁺は水と反応してFe(OH)₃またはFe₂O₃などのFe³⁺化合物となっている。これらは水に溶けず、生物にとっては非常に利用しにくいのである。したがって、一度獲得した鉄は生物の体内で繰り返し使える仕組みができているのだ。

もっとも、動・植物を食物とする動物では、通常、食物から鉄を補給することができる。大変なのは、植物やカビ・キノコなどである。こうした生物は環境から鉄を取り込まなくてはならないため、さまざまな工夫をこらしている。

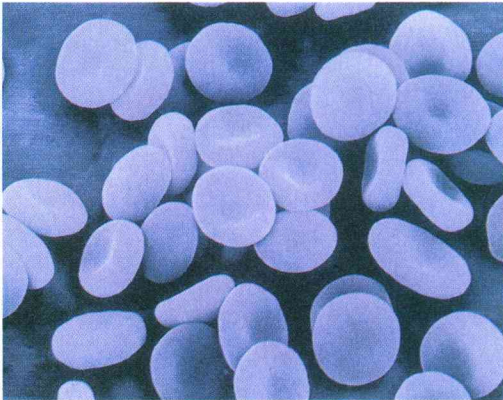
一般の植物は、有機酸（シュウ酸やリンゴ酸）を分泌して、Fe(OH)₃を溶解して鉄を吸収する。さらに厳しい環境に育つ細菌やカビなどは、鉄を捕獲するための特別な化合物を周囲に分泌している。これらはFe³⁺と非常に強く結合する基を含んでおり、水酸化鉄や酸化鉄などから無理やりFe³⁺をはぎ取るほどの強力な結合力をもっているものだ。またアルカリ性土壌では、植物はしばしば鉄不足の症状を呈するが、大麦や小麦などはアルカリ性土壌でも育成することが知られている。これは、根からアベニン酸とかムギ酸など鉄と強く結合する化合物を分泌し、鉄を吸収しているからである。

多彩な役割を担う微量金属元素

最後に、鉄以外の主なミネラルについて触れておこう。まず、カルシウム。体内に含まれるミネラルとしてもっとも多く含まれているのが、これだ。体の1.5～2%、体重50kgの人で約1kgほどの量だ。その99%は、骨や歯にリンなどと結び付いたカタチで存在している。この骨は約2年

鉄の生物機能

機 能	例（タンパク質・酵素）
酸素の貯蔵・運搬	ヘム類：ヘモグロビン、ミオグロビン 非ヘム類：ヘムリスリン
電子運搬・伝達	鉄-イオウタンパク質：フェレドキシン ヘム類：チトクロームa, b, c, c ₁ , c ₅₅₅ など
酸素毒に対する防御	ヘム類：カタラーゼ、ペルオキシダーゼ 非ヘム類：スーパーオキシドジスムターゼ
酸素利用1（酸素呼吸の末端）	チトクロームオキシダーゼ
酸素利用2（酸素化反応）	ジオキシゲナーゼ類 モノオキシゲナーゼ：チトクロームP-450依存モノオキシゲナーゼ、テリン依存モノオキシゲナーゼ
その他の酸素反応	リボヌクレオチドリダクターゼ、アコニターゼ



赤血球（×3500）

■鉄分を多く含む食品

	食品名	鉄 mg/100g中
肉類	豚肝臓	13.0
	鶏肝臓	9.0
	牛肝臓	4.0
魚類	なまり節	4.0
	かつお	1.9
	かき	3.6
	さざえ	3.0
	しじみ	10.0
豆類	納豆	3.3
野菜	小松菜	3.0
	ほうれん草	3.7
	春菊	1.9
海藻	干しひじき	55.0

■カルシウムを多く含む食品

食品名	含有量 mg/100g
ドジョウ	880
ワカサギ	750
マイワシ	1,400
脱脂粉乳	1,300
干しエビ	2,300
牛乳	100
サクラエビ	1,500
CHEDDARチーズ	740
小松菜	290
ゴーダチーズ	680

■亜鉛を多く含む食品

食品名	含有量 mg/100g
カキ（生）	40,000
小麦胚芽	15,000
ゴボウ（乾燥）	15,000
パルメザンチーズ	7,300
アサリ	1,300
ゴマ（乾燥）	7,100
ビュアココア	7,000
豚肉肝臓	6,900
タタミイワシ	6,600
抹茶	6,300

■マグネシウムを多く含む食品

食品名	含有量 mg/100g
玄米	120
カキ（生）	84
柿	39
キワダマグロ	47
納豆	73
茶ゴマ	390
カツオ	43
サツマイモ	46
黒ゴマ、白ゴマ	350
ホウレンソウ	57

■カリウムを多く含む食品

食品名	含有量 mg/100g
アズキ（乾燥）	1,500
細め昆布	6,100
乾燥ワカメ	5,500
ヒジキ（乾燥）	4,400
青海苔	3,200
ココアパウダー	2,800
リンゴ	110
ワラビ（乾燥）	2,700
抹茶	2,700
切り干し大根	2,500

■その他の主な微量元素の役割

	役 割
P リン	骨、歯をつくる。ビタミンB ₁ 、B ₂ などと結合して補酵素となる。糖質代謝をスムーズにする。高エネルギーリン酸化合物をつくり、エネルギーを蓄える。
Na ナトリウム	筋肉、神経の興奮性を弱める。血漿など細胞外液の浸透圧が一定に保たれるように調整する。
I ヨウ素	甲状腺ホルモンの成分。成長期の発育促進、成人では基礎代謝を盛んにする。
Mn マンガン	骨、肝臓に含まれる酵素作用活性化、骨の生成を促進。
Cu 銅	鉄の代謝に関係する酵素の成分。腸間から鉄の吸収を助ける。
S イオウ	解毒、酵素SH基として酵素活性に関与、軟骨組織及び腱の成分。髪、爪の成分。

で90%が新しくなるといわれるほどの新陳代謝を繰り返しており、カルシウムの果たす役割も重要である。また、残り1%のカルシウムは血液中にあり、筋肉の収縮や神経などの興奮を押さえるなどの機能を果たしている。

酵素の構成成分として重要な役割を担っているのが、亜鉛だ。亜鉛が必須成分と言われる酵素の数はおよそ200種以上も確認されており、亜鉛の重要性がおわかりいただけるだろう。タンパク質合成に関係する酵素にも亜鉛は不可欠なため、亜鉛が欠乏すると、体重減少や、成長期なら成長遅延などの障害も起こる。

マグネシウムもまた酵素を活性化させるミネラルだ。古代小アジアにマグネシアという名の都市があり、その地で採れる“病気を治す物質”が、マグネシウムの由来。古くからその効用が経験的に理解されていたようだ。現在ではタンパク質の合成、神経の興奮、筋肉の収縮に関わる諸機能の調整、体温や血圧の調整に関係があると言われている。

細胞内にあってその濃度を調整しているのが、カリウムだ。カリウムの量が増えると細胞内に水分が移動してきて、逆に外の水圧、つまり血圧が下がる。この降血圧作用で、最近注目のミネラルである。1日の所要量は、成人男子で2～4g。いろいろな食品に含まれているので摂取しやすいミネ

ラルだ。

これら以外にも、ナトリウム、マンガン、銅など多くのミネラルがあるが、それぞれの役割を表にしておいたので参照されたい。

もちろん、こうした有用なミネラル以外に人間にとっては有害な金属類も多い。例えば、カドミウム、水銀、鉛など、公害病などで話題になった重金属。これらの重金属は通常、酸化物中で2+の状態となっている。したがって、タンパク質や酵素に含まれる正常な金属を追い出し、その代わりに入り込むケースが多い。あるいはタンパク質や酵素がつくられる過程で間違っ取り込まれる。例えば、カドミウムは男性生殖機能に障害を及ぼすが、これは本来亜鉛を取り込むべきところにカドミウムを間違っ取り込んでしまうことから起こるものだ。

いずれにせよ、金属元素は微量なだけに、適度な量をバランスよく摂取することが大切だ。普段の生活では、生命活動とは一見、何の関係もないかのように見えるだけに、健康という視点から金属をとらえることは少ないかもしれない。だが、その役割を認識するとともに、微量金属の必要性を毎日の食生活でも意識しておきたい。

[取材協力および写真提供：日本赤十字社中央血液センター]