

No. 24 Mar. 2002

必須微量元素の話

- なくとも困る重金属 -

はじめに

最近、若い人達を中心に食べ物の味が分からなくなっている人が増えていると聞きますが、原因の1つに亜鉛欠乏があるようです。無理なダイエットやファーストフードなどに偏りがちな食生活に亜鉛欠乏の原因があると考えられています。近年の研究で、亜鉛が欠乏すると舌の味蕾にある細胞の新陳代謝に支障の出ることが明らかにされています。また、亜鉛とストレスの間にも興味深い関係が見出されています。すなわち、ストレスが増大すると血液中の亜鉛濃度が減少し、逆に銅濃度が増加するのです。

老化が最も顕著に現れるヒトの目について元素の消長をみた結果によりますと、鉄、銅、亜鉛およびマグネシウムなどが老化にともなって減少する一方で、コバルト、ニッケルおよびセレンなどは逆に増加することが分かっています。さらに、近年では胃腸を切除したヒトでも高カロリー輸液（栄養素を含む溶液）を血液中に徐々に点滴することにより、なに不自由なく生活できるようになりましたが、この輸液に鉄や亜鉛、銅、セレン、クロムなどを加えておかないと、貧血や皮膚病あるいは糖尿病などが発症することも明らかにされています。

亜鉛、銅あるいはクロムを含めた重金属類は、かつての足尾銅山の鉱毒問題、ヒ素ミルクによる中毒事件、有機メチル水銀による水俣病、カドミウムによるイタイイタイ病などの公害問題が契期となって最近まで有害物の代表格としての烙印を押されてきました。ところが、近年の研究は、上述のように、これらの重金属類の欠乏や過剰が私たちの健康や病気に深いつながりをもっていることを明らかにしたのです。これまでに、ヒトの健康や病気との間に深いつながり（必須性）のあることが明らかにされている元素は鉄（Fe）、亜鉛（Zn）、銅（Cu）、マンガン（Mn）、クロム（Cr）、モリブデン（Mo）、セレン（Se）、ヨウ素（I）、コバルト（Co）の9種で、人体中の存在量によってマンガンまでの前4元素を必須微量元素、クロム以降の後5元素を必須超微量元素と呼びます。

ヒトの必須微量元素

表1は地殻、海水、河川水および人体の無機元素量を比較したものです。環境中に豊富に存在する元素ほど生物に取り込まれ易いと考えられ、実際に海水中の各元素の分布とヒトの肝臓中のそれとの間には統計的に高い相関性（相関係数：約0.8）のあることが知られています。生命が海洋にその起源を有していることを示す1つの証しと言えましょう。

我々の体に含まれる無機元素はその存在量によって表2に示す4つのグループに分類されています。多量元素と微量元素は合わせて11種、微量元素と超微量元素は合わせて23種あります。人体中の微量元素と超微量元素の種類、存在量ならびにヒトでの必須性を表3に示します。微量元素9種のうちでヒトに必須であることが明確になっているのが、鉄（Fe）、亜鉛（Zn）、銅（Cu）、マンガン（Mn）の4元素、超微量元素14種のうちでヒトに必須であることが明確になっているのは、クロム（Cr）、モリブデン（Mo）、セレン（Se）、ヨウ素（I）、コバルト（Co）の5元素です。

表1 地殻、海水、河川水および人体中の金属元素量の比較

金属元素	地 殻		海 水		河川水		人 体	
ナトリウム	26.3	g/kg	11.1	g/L	9.0	mg/L	1.5	g/kg
カリウム	24.0	g/kg	0.42	g/L	2.3	mg/L	2.0	g/kg
カルシウム	34.0	g/kg	0.42	g/L	1.5	mg/L	15	g/kg
マグネシウム	19.3	g/kg	1.32	g/L	4.1	mg/L	1.5	g/kg
亜鉛	0.44	g/kg	0.005	mg/L	0.01	mg/L	0.029	g/kg
鉄	47	g/kg	0.003	mg/L	0.67	mg/L	0.086	g/kg
銅	0.1	g/kg	0.003	mg/L	0.005	mg/L	0.0011	g/kg
マンガン	0.9	g/kg	0.002	mg/L	0.005	mg/L	0.0014	g/kg
ニッケル	0.1	g/kg	0.002	mg/L	0.003	mg/L	0.00014	g/kg
コバルト	0.04	g/kg	0.0001	mg/L	0.0002	mg/L	0.00002	g/kg
バナジウム	0.15	g/kg	0.0015	mg/L	0.001	mg/L	0.00002	g/kg
モリブデン	0.013	g/kg	0.01	mg/L	0.001	mg/L	0.00014	g/kg

表2 ヒトの体内存在量による元素の分類

分 類	ヒトの体重1g当たりの存在量
多量元素	10 mg 以上
少量元素	1 ~ 10 mg
微量元素	1 ~ 100 μg
超微量元素	20 ~ 1000 ng

必須微量元素と食品成分表

2000年11月に公表された五訂日本食品標準成分表では、必須微量元素である鉄(Fe)、亜鉛(Zn)および銅(Cu)の含有量が全食品について示されている他、主要な食品のマンガン(Mn)含有量も示されています。(JFRL ニュース vol.2 No.18 を参照)

必須微量元素と日本人の栄養所要量

1999年9月に公表された第六次改定日本人の栄養所要量では、必須微量元素である鉄(Fe)、亜鉛(Zn)、銅(Cu)およびマンガン(Mn)の所要量と摂取限度が示されているほか、必須超微量元素であるクロム(Cr)、モリブデン(Mo)、セレン(Se)およびヨウ素(I)の所要量と摂取限度も示されています。なお、ビタミンB₁₂の構成元素であるコバルト(Co)については別途に取り扱われています。(JFRL ニュース vol.2 No.11 を参照)

必須微量元素と栄養表示基準

厚生労働省の定める栄養表示基準では、必須微量元素である鉄(Fe)、亜鉛(Zn)、銅(Cu)およびマン

ガン(Mn)が表示できる栄養素として認定されているほか、必須超微量元素であるクロム(Cr)、セレン(Se)およびヨウ素(I)も表示できる栄養素として認定されています。なお、ビタミンB₁₂の構成元素であるコバルト(Co)についてはここでも別途に取り扱われています。したがって、モリブデン(Mo)のみが未認定となっています。(JFRL ニュース vol.2 No.23 を参照)

必須微量元素と栄養機能食品制度

2001年3月に発足した栄養機能食品制度で機能表示の認められている必須微量元素は鉄のみです。今後他の必須微量元素や必須超微量元素についても機能表示が認可されるよう期待されています。(JFRL ニュース vol.2 No.20 を参照)

表3 人体中の微量元素，超微量元素の量と必須性

微量元素	人体中の存在量	ヒトでの必須性	超微量元素	人体中の存在量	ヒトでの必須性
鉄	85.7 mg/kg		アルミニウム	0.857 mg/kg	
フッ素*	42.8 mg/kg		カドミウム	0.714 mg/kg	
ケイ素*	28.5 mg/kg		スズ	0.286 mg/kg	
亜鉛	28.5 mg/kg		バリウム	0.243 mg/kg	
ストロンチウム	4.57 mg/kg		水銀	0.186 mg/kg	
ルビジウム	4.57 mg/kg		セレン*	0.171 mg/kg	
鉛	1.71 mg/kg		ヨウ素*	0.157 mg/kg	
マンガン	1.43 mg/kg		モリブデン	0.143 mg/kg	
銅	1.14 mg/kg		ニッケル	0.143 mg/kg	
印：非金属元素			ホウ素	0.143 mg/kg	
本表は末尾の参考文献1)のデータを基に作成した。			クロム	0.0285 mg/kg	
			ヒ素*	0.0285 mg/kg	
			コバルト	0.0214 mg/kg	
			バナジウム	0.0214 mg/kg	

必須微量元素の有用性と有害性

必須微量元素が大量に必要なかと言えば、決してそうではありません。酵素などの働きを円滑にするために、あるいはたんぱく質などの三次元構造を保持するために、ほんの微量必要なだけです。これが、必須微量元素と呼ばれる所以です。生体中でこれまでに見出されている金属酵素や金属を含むたんぱく質の例を表4に示します。

図1に示しますように、ほとんどあらゆる元素には生体内での最適濃度範囲があり、その濃度範囲にある限り有用な作用を発揮しますが、その範囲以下だと欠乏症を、逆に範囲以上では過剰症もしくは毒性を呈するのです。この最適濃度範囲は元素の種類によって異なります。

たとえば、セレンという元素は必須超微量元素の1つですが、非常に猛毒な元素でもあります。すなわち、セレンの最適濃度範囲はかなり低レベルにあり、しかもその範囲は極めて狭いのです。銅もかなり多くの生物

に必須の元素ですが、限度を超えて摂取すると有害な作用が現れます。我々にとって不足しがちな鉄ですらある限度を超すと生体に有害なのです。

生体には、これらの元素の濃度のある範囲に保つような機構があります。しかしながら、この調節機構の能力にも限度があり、その限界（限度）を超す高濃度になると、突如として毒作用が現れてくるのです。表5に必須微量元素、すなわち鉄、亜鉛、銅およびマンガンの欠乏症と過剰症の例を示します。

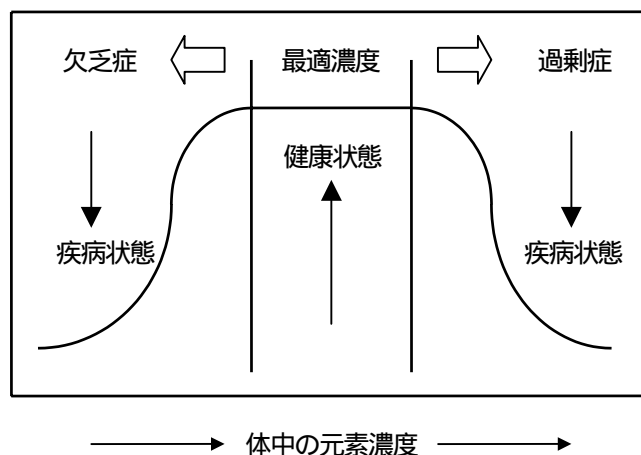


図1 生体反応と元素濃度の関係

表4 金属たんぱく質，金属酵素の例

金属	金属たんぱく質，金属酵素
鉄 Fe	ヘモグロビン，ミオグロビン，シトクロム類，カタラーゼ，ペルオキシダーゼ，トランスフェリン，フェリチン
亜鉛 Zn	カルボキシペプチダーゼ，ロイシンアミノペプチダーゼ，スーパーオキシドジスムターゼ，DNAポリメラーゼ，アルカリホスファターゼ，アルコール脱水素酵素，サーモライシン
銅 Cu	セルロプラスミン，メタロチオネイン，チロシナーゼ，アスコルビン酸オキシダーゼ，スーパーオキシドジスムターゼ，ヘモシアニン
マンガン Mn	コンカナバリン，アルカリホスファターゼ，アルギナーゼ，ピルビン酸カルボキシラーゼ，スーパーオキシドジスムターゼ

表5 必須微量元素の欠乏症と過剰症

元素	欠乏症	過剰症
鉄 Fe	貧血，脱毛，根気減退	出血，嘔吐，循環器障害
亜鉛 Zn	小人症，成長抑制，食欲不振，味覚減退，生殖腺機能障害，睾丸萎縮症，知能障害	嘔吐，下痢，肺の衰弱，高熱，悪寒
銅 Cu	貧血，ちぢれ毛，食欲不振，成長減退，毛髪色素欠乏症	肝硬変，腹痛，嘔吐，下痢，運動障害，知覚神経障害，ウイルソン病
マンガン Mn	骨格形成・発育障害，糖尿病，脂肪代謝異常，筋無力症，生殖腺機能障害，動脈硬化	肝硬変，筋肉運動不整，神経障害，パーキンソン病

参考文献

- 1) 桜井 弘 著：金属は人体になぜ必要か／なければ困る銅，クロム，モリブデン…，講談社（1996）
- 2) 落合 栄一郎 著：生命と金属，共立出版（1991）