

### 講演 3

## ミネラルの食事摂取基準と最新情報

吉田宗弘（関西大学化学生命工学部）

ミネラルの食事摂取基準について、講演では、その策定理論、2005年版との相違点、残された課題などについて解説するが、要旨には策定理論と2005年版との相違点を記述する。

### 1. 対象としたミネラルの種類、区分、並び順

ミネラルとは炭素、水素、酸素、窒素以外の元素中で、栄養上必須（欠乏症が存在）の16元素を指す。この中で、塩素、イオウ、コバルトを除く13元素を食事摂取基準策定の対象とした。なお、フッ素について、う歯予防の観点から食事摂取基準を策定することの是非を検討したが、フッ素は、必須元素ではないこと、う歯予防の効果を得るに必要と推定される摂取量が日常の食事から摂取できる量を大幅に超えていることにより、食事摂取基準が扱うミネラルには含めないこととした。

ミネラルは、2005年版ではミネラル、電解質、微量元素の3つに区分されていた。しかし、食事成分である栄養素に対して電解質という用語がなじまないこと、微量元素という用語が水銀などの毒性元素を含むことを考慮し、2010年版では多量ミネラルと微量ミネラルの2区分とした。また、ミネラルの並び順は、食品成分表や国民健康・栄養調査との整合性と食生活における重要度を考慮して、多量ミネラルは、ナトリウム、カリウム、カルシウム、マグネシウム、リン、微量ミネラルは、鉄、亜鉛、銅、マンガン、ヨウ素、セレン、クロム、モリブデンとした。

## 2. 推定平均必要量の策定理論

13 種のミネラルの摂取基準では、ナトリウム、カルシウム、マグネシウム、鉄、亜鉛、銅、ヨウ素、セレン、クロム、モリブデンの 10 元素に対して推定平均必要量を策定し、残りのカリウム、リン、マンガンに関しては日本人の摂取量中央値を目安量とした。以下に推定平均必要量の策定理論を述べる。

### (1) 出納試験

栄養素の出納試験では、対象者に栄養素含有量の異なる食事を与え、糞便や尿などへの排泄量を測定し、摂取量と排泄量との差である出納値を求める。ミネラルの場合、成人を対象にした試験における平衡維持量、あるいは不可避損失量を必要量とみなす場合がある。今回の策定において、ナトリウムは不可避損失量、マグネシウム、クロム、モリブデンは平衡維持量（またはその近似値）を推定平均必要量策定に用いた。

### (2) 要因加算法

ミネラルの中には吸収率と排泄率が摂取量によって増減するため、欠乏や過剰の徴候が現れていてもゼロ出納が維持されることがある。このようなミネラルでは、出納試験から推定平均必要量を策定することはできない。そこでカルシウム、鉄、亜鉛では、いくつかの報告にもとづいて欠乏や過剰の徴候がない人における各種の排泄量と吸収率を推定し、吸収量と排泄量を等しくする摂取量を計算して推定平均必要量を策定した。この手法は要因加算法という。要因加算法は、ミネラルの栄養状態を維持するための摂取量を、出納試験ではなく、既存の数値を組み合わせる理論的に求めているといえる。

ヨウ素は甲状腺ホルモンとしてのみ機能している。ヨウ素状態が適切であれ

ば、甲状腺へのヨウ素の取り込みと排泄はバランスがとれており、甲状腺のヨウ素存在量は一定となる。そこで推定平均必要量策定には、実験的に得られている甲状腺へのヨウ素取り込み量を用いた。

### (3) バイオマーカーの利用

ミネラルの栄養状態を酵素活性などのバイオマーカーによって評価できる場合がある。バイオマーカーの測定値は、摂取量に依存して大きくなるが、やがて飽和値に達する。銅では、飽和値を与える最小の摂取量を推定平均必要量策定に用いた。ただし、欠乏症予防という観点に立つ場合、バイオマーカーが飽和値である必要は必ずしもない。セレンでは、欠乏症予防にはバイオマーカーが飽和値の3分の2の値で十分なので、これを与える摂取量を推定平均必要量策定に用いた。

## 3. 各論

### (1) ナトリウム（食塩）

米国高血圧学会は高血圧症予防の観点から食塩摂取量 6.0 g 未満を推奨しているが、この数値を日本の食生活に適用すると醤油や味噌の使用は困難となり、いわゆる日本型食生活の否定につながる。また、実際に食塩摂取量 6.0 g 未満の成人は 10%程度である。そこで日本型食生活を維持しつつ減塩を進めるため、成人の約 25%がすでに達成できている男性 9.0 g/日未満、女性 7.5 g/日未満という 2005 年版よりも低い数値を新たな目標量とした。

## (2) カリウム

2010年版では、目安量に原則として日本人摂取量の中央値を充てている。そこで成人男性約 2500 mg/日、女性約 2000 mg/日という 2005年版よりも高い数値を新たな目安量とした。一方、目標量としては、2005年版と同様に、米国高血圧学会推奨値の 3500 mg/日と摂取量中央値（目安量）との中間値（2700～3000 mg/日）を採用した。

## (3) カルシウム

カルシウムは、2005年版では目安量と目標量の策定であったが、2010年版では推定平均必要量と推奨量を策定した。カルシウムの必要量は「尿などへのカルシウム損失量」と「成長期のカルシウム蓄積量」を賄うのに必要なカルシウム量を「消化管でのカルシウム吸収率」で割ることで求められる。吸収率はカルシウム摂取量と反比例する。2005年版では、カルシウム摂取量の多い欧米人のデータ、すなわち大きな損失量・蓄積量と低い吸収率から必要量を算定したため、得られた数値は日本人には高過ぎると判断し目安量とした。2010年版では、この5年間に食生活パターンが日本人に近い中国人のデータが公表されるなど研究の進展があり、日本人に適用できる小さな損失量・蓄積量と高い吸収率にもとづき必要量を算定し、推定平均必要量（18歳以上、500～650 mg/日）と推奨量（同、600～700 mg/日）を策定した。

## (4) マグネシウムとリン

マグネシウムとリンに関しては大きな変更を加えなかった。ただしリンの耐容上限量に関しては、栄養学の教科書に記載されているカルシウムとリンの適正摂取比 0.5～2.0 を考慮し（Ca/P の低下がカルシウム吸収に悪影響を与える

という明確な証拠はないが)、リンの過剰摂取に注意を喚起する意味で、3000 mg/日という 2005 年版よりも低い数値を採用した。

#### (5) 鉄

鉄に関しては、大きな変更を加えた妊婦（中・末期）に対する食事摂取基準について述べる。2005 年版では、妊婦（中・末期）に対する付加量込みの推定平均必要量と推奨量はそれぞれ 22.5 mg/日と 27.0 mg/日であり、通常の食生活では達成不可能だった。2010 年版では、妊娠に伴う循環血液量増加について日本人に対する推定値を採用したため、付加量込みの推定平均必要量と推奨量はそれぞれ 17.5 mg/日と 21.0 mg/日になった。しかし、国民健康栄養・調査によれば、15 mg/日を上回る鉄摂取量の妊娠女性は約 5%に過ぎないが、妊娠貧血有病率は非妊娠女性の貧血有病率よりわずかに高い程度である。妊娠貧血有病率が低い理由として、妊娠中に鉄吸収率が高まっている可能性がある。そこで、日本人の妊娠女性の鉄吸収率を高めに見積もって試算すると、付加量込みの推定平均必要量と推奨量はそれぞれ 13.0 mg/日と 15.5 mg/日となる。これらの数値は鉄吸収率を高めに見積もる科学的根拠が弱いため正式な数値ではないが、妊婦（中・末期）の鉄摂取の現実的な目標と考えてよい。

#### (6) 亜鉛、銅、マンガン

亜鉛は策定の基準年齢についての解釈を変更したことによって、成人において男女ともに推定平均必要量と推奨量を 2005 年版数値と比べていずれも 2 mg/日程度大きな値に変更した。また同様に、男性の耐容上限量も大きな数値に変更した。銅とマンガンに関しては大きな変更を加えなかった。

## (7) ヨウ素

日本人は平均で欧米の耐容上限量を上回る約 1500  $\mu\text{g}/\text{日}$ のヨウ素を摂取している。2005年版では、欧米の上限量を日常のヨウ素摂取の少ない人に対する値と考え、日本人はヨウ素に対する耐性があると判断して上限量を 3000  $\mu\text{g}/\text{日}$ とされていた。しかし、アフリカや中国での疫学調査は、日常的な約 1500  $\mu\text{g}/\text{日}$ のヨウ素摂取が甲状腺腫有病率を増加させることを示しており、日本人にヨウ素過剰摂取の弊害が目立たないこと理由は不明である。このため 2010年版では、安全性を高める観点から 18歳以上のヨウ素の耐容上限量を 2005年版から引き下げて 2200  $\mu\text{g}/\text{日}$ とした。ただし、この耐容上限量は連続的な摂取に適用するので、高ヨウ素含量のコンブの摂取は、長期間連続大量摂取以外は神経質になる必要はない。

一方、18歳未満に対しては、WHOが北海道の小学生を対象とした研究にもとづき 6～11歳の耐容上限量を 500  $\mu\text{g}/\text{日}$ としていることに従い、2010年版において初めて耐容上限量を設定した。また、ヨウ素過剰摂取と推定される乳児のヨウ素摂取量にもとづき、乳児の耐容上限量を 250  $\mu\text{g}/\text{日}$ とした。

## (8) セレン

セレンの耐容上限量は、2005年版に大きな変更を加えた。2005年版では、慢性セレン中毒症状を指標にしたセレンの健康障害非発現量 (13.3  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{日}$ )と不確実性因子 2 を用いて上限量を設定していた。しかし、2010年版では、米国において、血清セレン濃度が 121.6  $\mu\text{g}/\text{L}$  (セレン摂取量 84  $\mu\text{g}/\text{日}$ に相当)以上の集団に 200  $\mu\text{g}/\text{日}$ のセレンをセレン酵母サプリメントとして投与すると 2型糖尿病の発生率が有意に上昇したと報告されたことから、セレン摂取量が 100  $\mu\text{g}/\text{日}$ に近い人が 200  $\mu\text{g}/\text{日}$ のセレンをサプリメントから付加的に摂取し続

けることは健康に対して好ましくない影響を与える可能性があるとして判断して30～49歳男性（基準体重 68.5 kg）の耐容上限量を 300 µg/日とし、他の年齢階級には  $300 \mu\text{g}/68.5 \text{ kg/日} = 4.4 \mu\text{g/kg/日}$  を適用した。

低セレン摂取がいくつかのがんの発生リスクを高めるという報告は多い。これらの研究の多くは、対象者を、血清セレン濃度などを指標に複数の集団に分割し、がんの発生リスクを集団間で比較している。しかし、セレン摂取とがん発生率に有意な関連が認められるのは、対象者全体のセレン栄養状態が低いときのみである。たとえば、有意な関連ありとする一報告では、もっとも高い血清セレン濃度を示す集団の血清セレン濃度は 78 µg/L（セレン摂取量 54 µg/日に相当）以上であるのに対して、関連なしとする別の報告でのもっとも低い血清セレン濃度を示す集団の血清セレン濃度は 99 µg/L（セレン摂取量 69 µg/日に相当）未満である。これらの研究結果にもとづき、がん予防に適切なセレン摂取量を目標量として定めることも検討したが、科学的証拠が小さく、時期尚早と判断した。

#### (9) クロムとモリブデン

クロムに関しては、情報不足から今回も耐容上限量策定を見送った。しかし、糖尿病予防などを目的とした 200～1000 µg/日のクロムサプリメントに関しては、健常人では効用はなく、むしろ有害影響の可能性が指摘されることから、利用は控えるのが賢明である。

モリブデンに関しては、2005年版において耐容上限量策定の根拠とした報告を再検討し、信頼性が低いと結論した。そして、日本人のモリブデン摂取量の報告値、米国で行われたモリブデン出納試験での高モリブデン投与の事例、さらに動物実験の結果を総合し、9 µg/kg/日をモリブデン耐容上限量策定の基準値とした。