

厚生労働科学研究費補助金(循環器疾患・糖尿病等生活習慣病対策総合研究事業)
分担研究報告書

食事摂取基準 2025 年版における微量ミネラルの各指標策定の背景

研究協力者 吉田宗弘¹, 中西由季子², 高橋一聡³, 橋本彩子⁴

研究分担者 岩井美幸⁵

研究代表者 朝倉敬子⁶

¹ 関西大学生生活協同組合, ² 人間総合科学大学, ³ 千葉大学大学院園芸学研究院, ⁴ 京都女子大学家政学部食物栄養学科

⁵ 国立研究開発法人国立環境研究所

⁶ 東邦大学医学部社会医学講座予防医療学分野

【研究要旨】

食事摂取基準 2025 年版における微量ミネラルの各指標策定の背景をまとめた。0~5 か月乳児の目安量策定の根拠となる母乳中濃度は、鉄を除いて日本人の数値が用いられており妥当なものと考えられた。一方、6 か月以降乳児の目安量は外挿による算定値が用いられているが、離乳食からの摂取の情報を収集し、摂取量にもとづく目安量の策定が望まれた。微量ミネラルの推定平均必要量(EAR)は、セレンを除いて、体内量を維持するための摂取量という立場から、要因加算法や出納試験にもとづいて値が策定されていた。このため、策定されている EAR はセレンのみが欠乏を予防するため、他は不足を予防するためのものとなっていた。EAR から RDA を算定するための係数については、EAR のエビデンスの強さや、EAR 策定に用いる要因の変動の大きさが考慮されており、ミネラルの種類や対象者ごとに異なる数値が用いられていた。耐容上限量は、集団の最大観察摂取量(HOI)にもとづいて策定(マンガン)、少数の事例から導かれた LOAEL または NOAEL にもとづいて策定(亜鉛、銅、セレン、クロム)、HOI と LOAEL・NOAEL の双方にもとづいて策定(ヨウ素、モリブデン)されている場合に分かれていた。妊婦に対する付加量は主に妊娠中の需要増、授乳婦に対する付加量は主に母乳中濃度にもとづいて策定されていた。また、妊婦と授乳婦に特化した UL はヨウ素のみ策定されていた。各ミネラルの状態を示す生体指標については、血清中濃度や尿中濃度である場合が多く、濃度以外の指標は、鉄(フェリチン、TIBC、ヘモグロビン)、ヨウ素(TSH)、セレン(GPX)にとどまっていた。また、摂取の過不足がもたらすアウトカムの情報も不足していた。

A. 背景と目的

食事摂取基準は、健康増進法第 16 条の 2 に基づき厚生労働大臣が定めるものとして、国民の健康の保持・増進、生活習慣病の発症予防を目

的として、食事によるエネルギー及び各栄養素の摂取量について、「食事による栄養摂取量の基準」(平成 27 年厚生労働省告示第 199 号)として示すものである。

この食事摂取基準は、科学的根拠に基づく栄養政策を推進する際の基礎となるものとして、また、事業所給食、医療・介護施設等の管理栄養士、医師等が健常者及び傷病者の栄養・食事管理、栄養指導等に活用できるものとして、2005年版の策定以降、5年ごとに改定が行われ、2025年4月1日からは2025年版が使用されている。

食事摂取基準においては、各栄養素について、摂取不足に伴う健康障害を予防するための推定平均必要量(EAR)と推奨量(RDA)、過剰摂取に伴う健康障害を予防するための耐容上限量(UL)、生活習慣病の発生リスクの低減、および重症化予防のための指標である目標量、および摂取の目安を示す目安量が策定されている。本研究では、微量ミネラルに関して、食事摂取基準2025年版で策定されている各指標の背景についてまとめ、課題を指摘した。あわせて、各微量ミネラルの状態を反映する生体指標についても論じた。

B. 方法

食事摂取基準2025年版の微量ミネラル各指標策定の背景を系統的にまとめた。さらに、各微量ミネラルの状態を反映する生体指標および摂取の過不足がもたらすアウトカムについてもまとめた。

C および D. 結果と考察

食事摂取基準2025年版における各指標、および各微量ミネラルの状態を示す生体指標、および摂取の過不足がもたらすアウトカムを表1にまとめた。ここでは、表1を指標ごとにまとめ直した表1-1～1-6にもとづいて記述する。

C-1. 乳児の目安量(表1-1)

0～5か月乳児の目安量は、母乳中濃度×基準哺乳量(780 mL/日)の式に基づき策定している。ただし、ヨウ素は、この式を用いると147.4 μg/日という成人のRDAに匹敵する過大な値になることか

ら、米国の目安量(110 μg/日)¹⁾を参考にして100 μg/日という値にしている。

目安量策定の基となる母乳中濃度の値については、銅、マンガン、セレンが(株)明治による約4000名を対象とした大規模調査の結果をまとめたYamawakiらの報告²⁾の数値を採用している。また、亜鉛においても、母乳中濃度と分娩後日数との関係式を求める際にこのYamawakiらの報告の数値を含めている。さらに、ヨウ素とモリブデンにおいても(株)明治から提供された検体を測定した結果を一部用いている。すなわち、現在の微量ミネラルの0～5か月乳児の目安量は、(株)明治による約4000名を対象とした大規模調査の結果に大きく依存している。これらの数値の採用にあたって、その妥当性は検討されてはいるものの、数値公表から20年を経過していることから新たな大規模な調査が期待される。

クロムについて、Yamawakiらの報告は、値が諸外国の数値の10倍以上高い値であったため数値の信頼性に疑問があった。このため別の報告³⁾の数値を採用している。日本人を対象にした報告はこの一例しかないので、今後の新たな報告の出現が待たれる。

鉄に関しては、日本人を対象にした信頼できる報告が見当たらない。米国DRI採用値(0.35 mg/L)⁴⁾とベトナム人についての報告値(0.43 ± 0.15 mg/L)⁵⁾が近接していることから、暫定的に米国DRI採用値を用いている。なお、EFSAの報告書においても母乳中铁濃度として米国DRIに近接した約0.3 mg/Lという値が採用されている⁶⁾。また、わが国の食品成分表(八訂)では人乳鉄濃度を100グラムあたりゼロとしている⁷⁾。いずれにしても、母乳中の鉄濃度については、日本人の値を明らかにすることが急務である。

6～11か月乳児の目安量の算定は、EARとRDAが策定されている鉄を除き、0～5か月児の値から外挿しているもの(銅、ヨウ素、セレン、クロム、モリブデン)と、この外挿値と成人のRDAまたは目安

量を外挿した値との中間値を用いるもの(亜鉛、マンガン)に分かれている。どちらが好ましいのか、現状では判断が難しい。目安量策定の原則(過不足に関して問題がない集団の摂取量中央値)に立てば、離乳食からの摂取量を考慮した上で、各微量ミネラルについて 6~11 か月乳児の摂取量を明らかにする必要がある。

C-2. EARと目安量(表 1-2)

微量ミネラルの EAR は、セレンを除いて、体内量を減少させない摂取量という観点に立って策定されている。具体的な手法は、要因加算法(鉄、亜鉛)、平衡維持量を求めるための出納試験(銅、モリブデン)、特定の臓器中濃度を維持できる量を実験的に求める(ヨウ素)というものである。また、マンガンとクロムの目安量は、いずれも現在の摂取量に基づいている。

鉄の要因加算法に用いる各要因の数値、すなわち基本的損失、成長に伴う蓄積、月経に伴う損失、吸収率の中で、2025 年版では月経に伴う損失と吸収率について数値の見直しを行った。今後もこれらの要因に関わる数値についてはバージョンアップしていく必要がある。

亜鉛の要因加算法に用いる数式、摂取量と吸収率の関係を示す回帰式、さらに要因として用いる尿中排泄、月経に伴う損失、精液への損失、皮膚からの損失の中で、2025 年版では尿中排泄量について、日本人の値に置き換えた。今後も順次、日本人の値に置き換えていくことが必要である。とくに月経に伴う損失については、全血中亜鉛濃度が明確になれば、日本人の値に置き換えることは容易であろう。ただし、亜鉛摂取量が日本人よりも多い米国人の値を日本人の値に置き換えていくと、EAR が小さな値になっていくことが容易に予想できる。このことを是とするには、現在の日本人の亜鉛状態が適正な範囲にあることが前提になる。したがって、日本人の亜鉛状態を評価することが必要である。

なお、日本臨床栄養学会では、血清亜鉛濃度 80 µg/dL を潜在性亜鉛欠乏症、60 µg/dL を亜鉛欠乏症の診断基準としている⁸⁾。この基準との整合性を図るには血清亜鉛濃度と亜鉛摂取量との関連を明確にする必要がある。ただし、血清亜鉛濃度と亜鉛摂取量との関連を検討した報告では⁹⁾、両者の関連性は有意ではあるが小さいとしている。この報告にある両者の関連を示す図に 80 µg/dL を当てはめると、EAR もしくは RDA 付近の摂取量に相当すると推測できるが、60 µg/dL は偏回帰の範囲から外れてしまう。血清亜鉛濃度が亜鉛欠乏の診断基準の指標として用いられていることから、日本人を対象にして血清亜鉛濃度と亜鉛摂取量との関連を明確にすることが必要である。

出納試験にもとづく平衡維持量を採用している銅とモリブデンの中で、モリブデンは米国人4名を対象にした研究¹⁰⁾に基づいている。EFSA はこの数値が少数例の研究であるゆえに信頼性が低いとし、モリブデンについては摂取量に基づく目安量を策定している¹¹⁾。日本人の平均的なモリブデン摂取量が EAR の約 10 倍である¹²⁾ことをふまえると、かりにモリブデンの指標を EAR から目安量に切り替える場合、摂取量平均値や中央値ではなく、95%信頼区間の下限値あたりを採用するのが現実的であり、混乱をきたさないであろう。ただし日本人のモリブデン摂取量については、平均的な数値は報告されているが、分布は明らかでない。モリブデンの供給源が穀物と豆類であることをふまえると、米、小麦、大豆の摂取量分布からモリブデンの摂取量分布を推定することが可能かもしれない。

セレンの EAR は、WHO が「克山病の予防には血清 GPX 活性の飽和値の 3 分の 2 の値を与える摂取量で十分」としている¹³⁾ことに準拠して策定しており、重篤な欠乏を予防するためのものである。この WHO の勧告にしたがっているのは、日本とベトナム¹⁴⁾だけであり、他の諸国は中国や韓国を含めていずれも血清 GPX 活性またはセレンプロ

テイン P 量を飽和させる摂取量という観点に立つて EAR を策定している¹⁵⁾。日本人のセレン摂取量は平均的には約 100 µg/日と見積もられていることから¹⁶⁾、EAR を「飽和させる摂取量(40~70 µg/日)」に変更しても大きな問題は生じないと思われる。他方、セレンの平衡維持量については、日本人を対象とした研究が存在し、1.1 µg/kg/日としている¹⁷⁾。EAR に関して、微量ミネラル全体の考え方を「体内量を減少させない摂取量」に統一するという観点からは、この平衡維持量を参考にすることを考えてよいだろう。

なお、日本臨床栄養学会によるセレン欠乏症の診断指針では、血清セレン濃度 100 ng/mL 以下をセレン欠乏の診断基準としている¹⁸⁾。血清セレン濃度(x)とセレン摂取量(y)との回帰式 $y=0.672x+2$ に 100 ng/mL を当てはめると 69.4 µg/日という摂取量が得られる。この値は、上記の平衡維持量を体重 60 kg のヒトに当てはめた場合の 66 µg/日に近接している。

C-3. RDA(表 1-3)

食事摂取基準においては EAR の変動係数を 10%とみなし、RDA は EAR に 1.2 という推奨量算定係数を乗じて算定することが原則となっている。しかし、微量ミネラルでは、吸収率の変動の大きさ(12 歳未満の鉄と亜鉛)、月経血量の変動の大きさ(鉄と亜鉛)、EAR 策定の根拠となった研究での実測値の変動係数(ヨウ素)、EAR 策定の根拠となった研究の信頼性(モリブデン)を考慮して 1.2 以外の推奨量算定係数を採用している場合がある。

銅に関しては、情報は少ないものの鉄と亜鉛との整合を図る意味で、12 歳未満に 1.4 を適用することを検討してもよいだろう。

また、月経のある女性において、鉄では RDA の算定において月経血量の平均値+2SD に起因する鉄損失を用いているが、EAR に推奨量算定係数 1.4 を適用した場合とほとんど同じ数値になることから、月経のある女性については推奨量算定係

数 1.4 とした方が分かりやすいであろう。

C-4. UL

微量ミネラルの UL 策定の基準となる LOAEL(健康障害発現量)と NOAEL(健康障害非発現量)は、少数の事例研究に基づくものが大半であり、毒性学における LOAEL(最小毒性量)、NOAEL(最大無毒性量)とはやや趣を異にしている。また、食品添加物・残留農薬における ADI(一日摂取許容量)、環境汚染物における TDI(耐容一日許容量)のように十分な UF(不確定係数・安全率)を適用すると、UL が RDA・EAR や目安量よりも低い値になる。このため、UL 策定における UF は、現実の摂取量に合わせた数値にしている。このような背景があるため、微量ミネラルの UL は、ADI・TDI のような「この値までの摂取量であれば過剰摂取に伴う健康障害発生のリスクは考えられない」と言い切れるものではなく、「近づいてはいけぬ」数値であると認識すべきものである。HOI(当該ミネラルに関して、過剰摂取の問題がないと推定できる集団における習慣的な最大摂取量)を積極的に UL に採用することを考えるべきかもしれない。

実際の UL は、集団の最大観察摂取量(HOI)にもとづいて策定(マンガン、NOAEL と記しているが実質は HOI である)、少数の事例から導かれた LOAEL または NOAEL にもとづいて策定(亜鉛、銅、セレン、クロム)、HOI と LOAEL・NOAEL の双方にもとづいて策定(ヨウ素、モリブデン)されている場合に分かれていた。鉄について、今回は情報不足ということで UL の策定を見送らざるを得なかった。しかし、最近でもサプリメントの不適切な使用に起因する鉄過剰症の報告がある¹⁹⁾ことから、過剰障害の事例を収集し、UL 策定を目指すべきである。

ヨウ素の摂取量は昆布製品の摂取に依存している。昆布製品の摂取が間欠的であることが多いため、ヨウ素は EAR 未満の摂取の日と UL 超の摂取の日が交互に生じている可能性があり²⁰⁾、習慣的

摂取量という概念が適用しがたい。このため、週単位での UL を示すことも必要であろう。

18 歳未満の UL について、ヨウ素とセレンは成人の値を外挿しているが、他のミネラルは未策定であり、統一性がない。ヨウ素とセレン以外についても、成人の値を外挿できるか検討すべきである。

なお、臨床において鉄や亜鉛不足の症例に対しては、多量の鉄剤や亜鉛含有医薬品の投与が行われているが、これらは治療が目的のものであり、UL との整合性を図る必要がないことも確認しておかねばならない。

他方、吸収機構についての研究が進捗した結果、多くの微量ミネラルについて恒常性を維持するための巧妙な仕組みの存在が明らかになってきた。過剰障害を起こす人の多くは、この仕組みのどこかに先天的な欠損や変異があるといわれている。しかし、このような先天的な欠損や変異の存在を個人単位で明らかにすることは難しい。それゆえ、UL 策定に関しては、過剰障害発現リスクを可能な限り小さくする観点から、過剰摂取に対する感受性の高い人を含めることも必要と考える。

C-5. 妊婦・授乳婦に対する指標(表 1-5)

妊婦付加量の基になるのは、妊娠期間中の需要量増加の見積もりである。これらの数値の中で、鉄とセレンについては要因加算によってその根拠が明示されているが、亜鉛と銅については文献値のみの引用であり、統一性がない。要因加算に用いている数値も含めて、妥当性を検討する必要がある。

授乳婦付加量の基になるのは、母乳中濃度であるが、吸収率も重要である。亜鉛については、成人 EAR 策定の際の吸収率と整合していないので検討が必要である。また、ヨウ素とモリブデンについては吸収率の考慮がない。一般成人と同じと考えるか、検討が必要である。

UL についてはヨウ素を除いて、妊婦・授乳婦に特化した数値を定めていない。胎児・乳児への影

響を含めて検討し、特化した数値の必要性を検討すべきである。とくにマンガンに関しては妊娠中の血中マンガン濃度の増加が妊娠高血圧症や²¹⁾低出生体重児発現リスクの上昇²²⁾と関連する可能性があることから、妊婦を対象とした UL の策定が必要であろう。

C-6. 生体指標(表1-6)

微量ミネラルは排泄量を実測できることから、損失量に見合う摂取量、すなわち体内量を減少させない摂取量を出納実験や要因加算法などで推定できる。このため、セレンを除いて生体指標の活用は進んでいない。ただし、現在の体内量が適切であるかの判断材料として生体指標は有効であろう。

鉄は不足すると最初に貯蔵鉄が減少することから、貯蔵鉄量を反映する血清フェリチンは鉄状態の指標として有効である。ただし、血清フェリチンは炎症時に上昇することから、CRP による炎症の有無の確認が必要となる。TIBC、および TIBC と血清鉄から算出できるトランスフェリン飽和率は潜在性鉄欠乏の古典的な指標である。TIBC と血清鉄は検査費用が廉価な基本的な血清生化学検査であることからもっと活用されている指標であろう。

亜鉛の状態を反映する生体指標として臨床分野では血清亜鉛濃度が用いられているが、亜鉛摂取量との関連ははっきりとしない。また、銅とマンガンにおいても血清中濃度は状態の指標と考えられるが、亜鉛と同様に摂取量との関係は確立していない。

24 時間蓄尿の試料から得られる尿中濃度は、ヨウ素、セレン、クロム、モリブデンの摂取量把握に有用な指標である。ただし、尿中濃度から得られる摂取量は特定の1日に対してのものであり、習慣的摂取量でないことに注意しなければならない。

また、血清中濃度も直前の摂取量の影響を強く受ける。このため、全血あるいは赤血球中濃度、足爪中濃度、毛髪中濃度の活用も視野に入れる

べきである。微量ミネラルの多くは毒性元素でもある。環境中毒学や産業中毒学における情報を積極的に収集すべきである。

E. 結論

食事摂取基準 2025 年版における微量ミネラル各指標策定の背景をまとめた。

(1) 0～5 か月乳児の目安量策定の根拠となる母乳中濃度については、鉄を除いて妥当と考えられる日本人の数値が用いられている。一方、6 か月以降乳児の目安量は離乳食からの摂取の情報がほとんどないため、外挿による算定値が用いられている。

(2) 微量ミネラルの EAR は、セレンを除いて、体内量を維持するための摂取量という立場から、要因加算法や出納試験にもとづいて値が策定されていた。このため、セレンのみ欠乏を予防するため、他は不足を予防するための摂取量となっていた。

(3) EAR から RDA を算定するための係数については、EAR のエビデンスの強さや、EAR 策定に用いる要因の変動の大きさが考慮されており、ミネラルの種類や対象者ごとに異なる数値が用いられていた。

(4) UL 策定については、集団の最大観察摂取量(HOI)にもとづいて策定(マンガン)、少数の事例から導かれた LOAEL または NOAEL にもとづいて策定(亜鉛、銅、セレン、クロム)、HOI と LOAEL・NOAEL の双方にもとづいて策定(ヨウ素、モリブデン)されている場合に分かれていた。

(5) 妊婦に対する付加量は主に妊娠中の需要増、授乳婦に対する付加量は主に母乳中濃度にもとづいて策定されていた。また、妊婦と授乳婦に特化した UL はヨウ素のみ策定されていた。

(6) 各ミネラルの状態を示す生体指標については、血清中濃度や尿中濃度である場合が多く、濃度以外の指標は、鉄(フェリチン、TIBC)、ヘモグロビン)、ヨウ素(TSH)、セレン(GPX)にとどまっ

いた。また、摂取の過不足がもたらすアウトカムの情報も不足していた。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

なし

H. 知的所有権の出願・登録状況

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

I. 参考文献

1) Institute of Medicine. Iodine. In: Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc. National Academies Press, Washington D.C.; 2001:258-289.

2) Yamawaki N, Yamada M, Kan-no T, et al. Macronutrient, mineral and trace element composition of breast milk from Japanese women. J Trace Elem Med Biol. 2005;19(2-3):171-181.

3) Yoshida M, Takada A, Hirose J, et al. Molybdenum and chromium concentrations in breast milk from Japanese women. Biosci Biotechnol Biochem. 2008;72(8):2247-2250.

4) Institute of Medicine, ed. Iron. In: Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic,

- Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc. National Academies Press, Washington, D.C.; 2001:290-393.
- 5) Nakamori M, Ninh NX, Isomura H, et al. Nutritional status of lactating mothers and their breast milk concentration of iron, zinc and copper in rural Vietnam. *J Nutr Sci Vitaminol*. 2009;55(4):338-345.
- 6) EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). Scientific Opinion on Dietary Reference Values for iron. *EFSA J*. 2015;13(10):4254.
- 7) 文部科学省 科学技術・学術審議会資源調査分科会. 日本食品標準成分表 2020 年版(八訂); 2021.
- 8) 脇野修, 児玉浩子, 原貴史, 他. 亜鉛欠乏症の診療指針 2024. 一般社団法人日本臨床栄養学会編. 2024. <http://jscn.gr.jp/pdf/aen2024.pdf>
- 9) Lowe NM, Medina MW, Stammers A, et al. The relationship between zinc intake and serum/plasma zinc concentration in adults: a systematic review and dose-response meta-analysis by the EURRECA Network. *Br J Nutr*. 2012;108:962-1971.
- 10) Turnlund JR, Keyes WR, Peiffer GL, et al. Molybdenum absorption, excretion, and retention studied with stable isotopes in young men during depletion and repletion. *Am J Clin Nutr*. 1995;61(5):1102-1109.
- 11) EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies (NDA). Scientific Opinion on Dietary Reference Values for molybdenum. *EFSA J*. 2013;11(8):3333.
- 12) Hattori H, Ashida A, Itô C, et al. Determination of molybdenum in foods and human milk, and an estimate of average molybdenum intake in the Japanese population. *J Nutr Sci Vitaminol*. 2004;50(6):404-409.
- 13) World Health Organization, International Atomic Energy Agency, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Selenium. In: *Trace Elements in Human Nutrition and Health*. World Health Organization, Geneva; 1996: 105-122.
- 14) Khan NC, Hoan PV. Vietnam recommended dietary allowances 2007. *Asia Pac J Clin Nutr*. 2008;17 (Suppl 2):409-415.
- 15) たとえば、Kipp AP, Strohm D, Brigelius-Flohé R, et al; German Nutrition Society (DGE). Revised reference values for selenium intake. *J Trace Elem Med Biol*. 2015;32:195-199
- 16) 吉田宗弘. 日本人のセレン摂取と血中セレン濃度. *日本栄養・食糧学会誌*. 1992;45(6):485-494.
- 17) 佐藤郁雄, 新関嗣郎, 荫子安, 山口賢次. 日常食におけるセレンの出納～パン食と米飯食の比較～. *微量栄養素研究*. 1992;9:111-116.
- 18) 脇野修, 児玉浩子, 吉田宗弘, 他. セレン欠乏症の診療指針 2024. 一般社団法人日本臨床栄養学会編. 2025. <http://jscn.gr.jp/pdf/selen2024.pdf>
- 19) 独立行政法人国民生活センター. 海外事業者の鉄サプリメントの長期使用により鉄過剰症を発症. 令和 6 年 12 月 25 日報道発表資料, https://www.kokusen.go.jp/pdf/n-20241225_1.pdf
- 20) Katagiri R, Asakura K, Sasaki S, et al. Estimation of habitual iodine intake in Japanese adults using 16 d diet records over four seasons with a newly developed food composition database for iodine. *Br J Nutr*. 2015;114(4):624-634.
- 21) Vige M, Yokoyama K, Ohtani K, et al. Increase in blood manganese induces gestational hypertension during pregnancy. *Hypertens Pregnancy*. 2013;32(3): 214-224.
- 22) Yamamoto M, Sakurai K, Eguchi A, et al.

Association between blood manganese level during pregnancy and birth size: The Japan Environment and Children's Study (JECS). *Environ Res.* 2019; 172:117-126.

【表1】2025年版の現状：赤字は指標の設定に直接的に使用されているindicator (EAR, RDA, AIの場合は不足・欠乏のindicator、ULの場合は過剰のindicator)

基本情報					曝露				健康アウトカム				問題点
大区分	小区分 (栄養素名)	2025 指標	対象者	策定方法	食事調査	statusの生体指標 潜在的不足または過剰		functionの生体指標 潜在的機能障害		クリニカルサイン 明らかな兆候		問題点	
						短期	長期	短期	長期	短期	長期 (生活習慣病)		
微量ミ ネラル	鉄	EAR,R DA	6ヶ月~17歳 (男性), 6ヶ月~9歳 (女性)	要因加算法(基本的損失+成長 に伴う増加量)÷吸収率	鉄摂取量(国民 健康・栄養調 査)	血清フェリチン TIBC(トランス フェリン飽和率)	血清フェリチン TIBC(トランス フェリン飽和率)	ヘモグロビン	ヘモグロビン	鉄欠乏、鉄欠乏 性貧血(不足)	発育障害	吸収率(月経のある女性18%, そ の他16%)は妥当か EARからRDAの求め方	
微量ミ ネラル	鉄	EAR,R DA	10~17歳(女 性)	要因加算法(基本的損失+成長 に伴う増加量+月経に伴う損 失)÷吸収率	鉄摂取量(国民 健康・栄養調 査)	血清フェリチン TIBC(トランス フェリン飽和率)	血清フェリチン TIBC(トランス フェリン飽和率)	ヘモグロビン	ヘモグロビン	鉄欠乏、鉄欠乏 性貧血(不足)	発育障害	吸収率(月経のある女性18%, そ の他16%)は妥当か EARからRDAの求め方	
微量ミ ネラル	鉄	EAR,R DA	18歳以上(男 性、高齢女 性)	要因加算法(基本的損失÷吸収 率)	鉄摂取量(国民 健康・栄養調 査)	血清フェリチン TIBC(トランス フェリン飽和率)	血清フェリチン TIBC(トランス フェリン飽和率)	ヘモグロビン	ヘモグロビン	鉄欠乏、鉄欠乏 性貧血(不足)	慢性的な鉄欠乏 による骨粗鬆症 リスク上昇	吸収率(月経のある女性18%, そ の他16%)は妥当か EARからRDAの求め方	
微量ミ ネラル	鉄	EAR,R DA	18歳以上(成 人女性)	要因加算法(基本的損失+成長 に伴う増加量+月経に伴う損 失)÷吸収率	鉄摂取量(国民 健康・栄養調 査)	血清フェリチン TIBC(トランス フェリン飽和率)	血清フェリチン TIBC(トランス フェリン飽和率)	ヘモグロビン	ヘモグロビン	鉄欠乏、鉄欠乏 性貧血(不足)	慢性的な鉄欠乏 による骨粗鬆症 リスク上昇	妊婦への付加量は再検討の必要あ り	
微量ミ ネラル	鉄	ULなし	全年齢			血清フェリチン	血清フェリチン			臓器への鉄蓄 積、鉄過剰(ヘ モクロトーシ ス)	がんへの進展、 心血管疾患、メ タボリックシン ドローームリス ク上昇	ULが設定できなかった 鉄蓄積:どれくらいから危険か 摂取量と鉄蓄積の関係が未確立 亜鉛状態への悪影響	
微量ミ ネラル	亜鉛	EAR,R DA	1~9歳	要因加算法(腸管、尿、皮膚か らの排泄量に見合う真の吸収 率を求め、これに吸収率を考慮	亜鉛摂取量(国民 健康・栄養調 査)	血清亜鉛	血清亜鉛			皮膚炎、味覚異 常、	成長遅延、性腺 発育障害	要因加算に用いる値は亜鉛状態が 適切な集団であることが必要であ るが、日本人の亜鉛状態が適切か は不明である(日本人の数値を利 用するとEARは小さくなるがそれ でいいのか?) 亜鉛状態を示す血清亜鉛以外の指 標が必要	
微量ミ ネラル	亜鉛		10歳以上	要因加算法(腸管、尿、皮膚か らの排泄量+月経血または精液 への排泄量に見合う真の吸収 率を求め、これに吸収率を考慮	亜鉛摂取量(国民 健康・栄養調 査)	血清亜鉛	血清亜鉛			皮膚炎、味覚異 常	生活習慣病発症 リスク上昇	要因加算に用いる値は亜鉛状態が 適切な集団であることが必要であ るが、日本人の亜鉛状態が適切か は不明である(日本人の数値を利 用するとEARは小さくなるがそれ でいいのか?) 亜鉛状態を示す血清亜鉛以外の指 標が必要	
微量ミ ネラル	亜鉛	UL	成人	事例から類推されるLOAEL÷不 確実性因子						銅状態の悪化 (SDD活性の低 下など)	生活習慣病発症 リスク上昇		
微量ミ ネラル	銅	EAR,R DA	成人	平衡維持量と血漿・血清銅濃度	銅摂取量(国民 健康・栄養調 査)	血清銅、セロプ ラスミン濃度	血清銅、セロプ ラスミン濃度			遺伝病 (Menkes病)		情報不足(EAR, ULいずれも)	
微量ミ ネラル	銅	UL	成人	血清銅濃度の上昇		血清銅	血清銅			遺伝病(Wilson 病)	生活習慣病の重 症化	情報不足(EAR, ULいずれも)	
微量ミ ネラル	マンガン	目安量	1歳以上	マンガン摂取量の中央値	文献(食品摂取 量と食事含有量 から算定)	全血マンガン	全血マンガン			先天性糖鎖形成 不全症		生体指標をさがすべき	
微量ミ ネラル	マンガン	UL	成人	米国家食者の摂取量をHCI (Highest Observed Intake) とみなし、ULにした	文献(食品摂取 量と食事含有量 から算定)	全血マンガン	全血マンガン				中枢神経障害 (パーキンソン 病様症状)	妊婦の高摂取者には健康上の問題 が生じる可能性あり	
微量ミ ネラル	ヨウ素	EAR,R DA	成人	甲状腺からの1日排泄量(甲状 腺中濃度を維持できる量)に 日本人の食事からの吸収率を配慮	文献(食品摂取 量と食事含有量 から算定)	尿中ヨウ素		血清甲状腺ホ ルモン、TSH 濃度	血清甲状腺ホ ルモン、TSH 濃度	甲状腺機能低下 (TSHの上 昇)、甲状腺腫		日本人のヨウ素摂取量の情報収集 24時間尿を用いた摂取量推定 不足者の存在の把握	
微量ミ ネラル	ヨウ素	UL	成人	事例もしくはヒト投与試験にも とづくLOAEL÷不確実性因子 日本人の摂取量の上側をHCIと みなす 2方向からの値が一致している	文献(食品摂取 量と食事含有量 から算定)	尿中ヨウ素		血清甲状腺ホ ルモン、TSH 濃度	血清甲状腺ホ ルモン、TSH 濃度	甲状腺機能低下 (TSHの上 昇)、甲状腺腫		見布の適切な食べ方を科学的に示 す必要(どのような食べ方であ れば過剰障害が生じるか)	
微量ミ ネラル	セレン	EAR,R DA	成人	セレン欠乏症を予防する血清 GPX活性の下限値を与える摂取 量	文献(食品摂取 量と食事含有量 から算定)	尿中セレン、血清 セレン	全血セレン	血清GPX活 性、セレン ロテインP量		心筋障害(心電 図異常、克山 病)	がん、心血管疾 患発症リスク上 昇	生活習慣病予防に資する摂取量の 範囲はおおよそ制定できている (DGの設定は可能)	
微量ミ ネラル	セレン	UL	成人、小児	中国での観察研究にもとづいて 算定されたNOAEL÷不確実性因 子	文献(食品摂取 量と食事含有量 から算定)	尿中セレン	全血セレン			毛髪と爪の異 常、呼吸のニン ニク臭	2型糖尿病リス ク上昇		
微量ミ ネラル	クロム	目安量	成人	食品ごとの摂取量と食品成分表 記載値から算定される摂取量平 均値	左の計算値							必須ではない可能性大	
微量ミ ネラル	クロム	UL	成人				インスリン感受性			インスリン感受 性の低下			
微量ミ ネラル	モリブ デン	EAR,R DA	成人	平衡維持量(単一の研究に基づ く)	文献(食品摂取 量と食事含有量 から算定、また は実験的な献立 の実測)	尿中モリブデン				亜硫酸中毒の症 状、Mo含有酵 素欠損症		出納試験が4名の米国人を対象と しておりEFSAは摂取量にもとづく 目安量に切替えた。日本人は摂取 量が大きいためEARの10倍になる	
微量ミ ネラル	モリブ デン	UL	成人	米国でのヒト投与試験の最高投 与量にもとづくNOAEL÷不確実 性因子 日本人女性食者の摂取量を HCIとみなす 2方向からの値がおおむね一致		尿中モリブデン				高尿酸血症、痛 風様症状疑い		左の過剰障害は疑問視されている	

表 1-1 食事摂取基準 2025 年版の微量ミネラルにおける乳児の目安量

	0～5 か月			6～11 か月	
	母乳中濃度		目安量数値 ¹⁾	目安量	
	数値	出典		策定法 ²⁾	数値 ¹⁾
鉄	0.35 mg/L	米国 DRI	0.273 mg/日	— ³⁾	— ³⁾
亜鉛	1.61 mg/L	計算値 ⁴⁾	1.26 mg/日	B	男児 2.17、女児 2.02 mg/日
銅	0.35 mg/L	文献値 ⁵⁾	0.273mg/日	A	0.350 mg/日
マンガン	11 µg/L	文献値 ⁵⁾	8.6 µg/日	B	男女平均 0.511 mg/日
ヨウ素	189 µg/L	文献値 ⁶⁾	100 µg/日 ⁷⁾	A	男女平均 130 µg/日
セレン	17.7 µg/L	文献値 ⁵⁾	13.3 µg/日	A	男女平均 17.0 µg/日
クロム	1.00 µg/L	文献値 ⁸⁾	0.78 µg/日	A	男女平均 1.0 µg/日
モリブデン	3.0 µg/L	文献値 ⁹⁾	2.34 µg/日	A	男女平均 2.99 µg/日

1) 丸め処理前の値

2) A：0～5 か月児の目安量を外挿、B：0～5 か月児の目安量の外挿値と成人の RDA または目安量の外挿値との中間値

3) 推定平均必要量と推奨量を策定

4) 日本人を対象とした複数の報告より、亜鉛濃度と分娩後日数との間の関係式を導き、数学的に代表値を算出した

5) Yamawaki N et al. J Trace Elem Med Biol. 2005;19:171-181 における平均値（明治乳業による大規模調査）

6) 2 報告（村松ほか. 厚労科研報告書 2003:16-21 と Muramatsu et al. Jpn J Health Phys. 1983;18:113-117）の中央値を平均した値

7) 日本人の母乳中濃度を用いると数値が大きすぎるため米国 DRI の数値を参考にして策定

8) Yoshida M et al. Biosci Biotechnol Biochem. 2008;72:2247-2250

9) 2 報告（文献 8 と吉田ら. 微量栄養素研究 2004;21:59-64）の中央値を平均した値

（下線をひいた文献の検体は、明治乳業から文献 5 の検体の一部を提供されたものである）

表 1-2 食事摂取基準 2025 年版の微量ミネラルにおける小児と成人に対する EAR と目安量の策定方法

	対象者	策定法	
		原理	具体的方法
EAR			
鉄	月経なし（男女）、6 か月～17 歳	要因加算	[基本的鉄損失+成長による鉄蓄積]÷吸収率 ¹⁾
	月経なし（男女）、18 歳以上	要因加算	基本的鉄損失÷吸収率 ¹⁾
	月経あり（女性）、10～17 歳	要因加算	[基本的鉄損失+月経血鉄損失+成長による鉄蓄積]÷吸収率 ¹⁾
	月経あり（女性）、18～64 歳	要因加算	[基本的鉄損失+月経血鉄損失]÷吸収率 ¹⁾
亜鉛	1 歳以上すべて	要因加算	総排泄量に見合う真の吸収量 ²⁾ を与える摂取量 ³⁾
銅	1 歳以上すべて	平衡維持	複数の研究より 0.8 mg/日を平衡維持量 ⁴⁾
ヨウ素	1 歳以上すべて	甲状腺中濃度維持	米国の研究での値に吸収率 80%を適用した 120.6 μg/日を濃度維持量 ⁵⁾
セレン	1 歳以上すべて	血清 GPX 活性維持	血清 GPX 飽和値の 2/3 を与える摂取量 24.2 μg/日 ⁶⁾
モリブデン	1 歳以上すべて	平衡維持	米国の研究より 25 μg/日を平衡維持量 ⁷⁾
目安量			
マンガン	1 歳以上すべて	摂取量中央値	文献値 ⁸⁾
クロム	18 歳以上すべて	平均的摂取量	食品成分表と国民健康・栄養調査成績から算出された値（10 μg/日） ⁹⁾

1) 月経のある女性 0.18、その他 0.16

2) 10 歳以上：総排泄量=0.628×真の吸収量+0.2784+(尿中排泄量+体表損失量+精液又は月経分泌物損失量)の式において総排泄量=真の吸収量となる値を男女別に算出、1～9 歳は精液又は月経分泌物損失量をゼロとして計算、計算値は 18～29 歳を対象とした値

3) 真の吸収量=1.113×摂取量^{0.5462}の式から 18～29 歳における必要な摂取量を男女別に算出

4) 76.0 kg を対象にした値

5) 78.2 kg を対象にした値

6) 60.0 kg を対象にした値。セレン欠乏の克山病の予防には血清 GPX 活性は飽和値の 2/3 の値で十分とする WHO の考えに準拠。ただし WHO、ベトナム、日本以外の各国は血清 GPX 活性または血清セレンプロテイン P 値を飽和させる摂取量を EAR としている。

7) 76.4 kg を対象にした値。EFSA は米国の研究が対象者 4 名の研究である信頼性が低いと判断して、摂取量にもとづく目安量を策定

8) Shinozaki et al. *Nutrients*. 2023;15(24):5113、18 歳以上はもっとも摂取量中央値が小さい年齢層の値を男女別に採用

9) 18 歳以上に一律適用。クロムを必須微量ミネラルとしない説が有力である。

表 1-3 食事摂取基準 2025 年版の微量ミネラルにおける RDA の算出方法

	対象	推奨量算定係数など	係数が 1.2 以外の数値である理由
鉄	男性及び月経のない女性		
	6 か月～11 歳	1.4	成人より低い吸収率の可能性
	12 歳以上	1.2	—
	月経のある女性		
	10～17 歳	下記参照 ¹⁾	月経血量の変動を考慮
	18～64 歳	下記参照 ¹⁾	月経血量の変動を考慮
亜鉛	1～11 歳	1.4	成人より低い吸収率の可能性
	男性、12 歳以上	1.2	—
	女性、12～64 歳	1.25	月経血量の変動を考慮
	女性、65 歳以上	1.2	—
銅		1.2	—
ヨウ素		1.4	変動係数 ²⁾ の半分を個人間変動
セレン		1.2	—
モリブデン		1.3	例数 4 の研究にもとづく EAR

1) 10～18 歳：RDA=[(基本的鉄損失+成長に伴う鉄蓄積)×1.2+(月経血量の平均値+2SD に伴う鉄損失)]÷吸収率 (0.18)

19～64 歳：RDA=[(基本的鉄損失)×1.2+(月経血量の平均値+2SD に伴う鉄損失)]÷吸収率 (0.18)

2) EAR 策定の根拠となった値は変動係数が約 40%であった。

表 1-4 食事摂取基準 2025 年版の微量ミネラルにおける UL の策定方法

	対象	参照値の意味	UF	付記
鉄	全年齢	—	—	情報不足により未策定
亜鉛	18 歳未満	—	—	情報不足により未策定
	18 歳以上	LOAEL	1.5	60 mg/日摂取で SOD 活性、フェリチンなど低下
銅	18 歳未満	—	—	情報不足により未策定
	18 歳以上*	NOAEL	1.5	10 mg/日の 12 週間摂取で異常なし
マンガン	18 歳未満	—	—	情報不足により未策定
	18 歳以上*	NOAEL	1	菜食者の最大摂取量 (11 mg/日), 実質は HOI である 血清中濃度上昇にもとづく LOAEL は 15 mg/日
ヨウ素	乳児	LOAEL	3.0	TSH 濃度の上昇 (ただし早産児)
	1~17 歳	—	—	成人の値 (3 mg/日) を外挿
	18 歳以上*	HOI LOAEL	1 10	日本人の習慣的摂取量上限の推定値 3 つの研究、TSH 濃度の上昇などの甲状腺機能低下
セレン	18 歳未満	—	—	成人の値 (6.7 µg/kg/日) を適用
	18 歳以上	NOAEL	2	中国のセレン汚染地域での研究、NOAEL800 µg/日、 LOAEL913 µg/日
クロム	18 歳未満	—	—	情報不足により未策定
	18 歳以上*	LOAEL	2	1 mg/日のサプリメントでインスリン感受性の低下
モリブデン	18 歳未満	—	—	情報不足により未策定
	18 歳以上**	NOAEL	2	出納実験における最大投与量 (18 µg/kg/日)
		HOI	1	日本の女性菜食者の平均摂取量 540 µg/日

LOAEL と NOAEL はいずれも少数事例にもとづく数値

*性・年齢層による値の違いはなし

**男性 600 mg/日、女性 500 mg/日で年齢層による値の違いはなし

表 1-5 食事摂取基準 2025 年版の微量ミネラルにおける妊婦・授乳婦の指標

	付加量 ¹⁾	付記
妊婦 EAR		
鉄	初期 2.00mg/日 中後期 6.99 mg/日	要因加算により妊娠期間の鉄需要増加を初期 30 mg、中期 250 mg、後期 340 mg と算定、これを日数と吸収率で割った ²⁾
亜鉛	中後期 1.782 mg/日	文献より妊娠期間の亜鉛需要増加を 100 mg と推定、これを中後期で補うとして 1 日あたりの数値を求め、吸収率 (0.3) で割った
銅	0.089 mg/日	胎児の保有量 (13.7 mg) ÷ 妊娠期間 280 日 ÷ 吸収率 (0.55)
マンガン	0	妊娠中マンガン摂取量が極端にならないよう注意することで十分
ヨウ素	75 µg/日	新生児の甲状腺内ヨウ素の代謝回転 75 µg/日にもとづく (吸収率は未考慮)
セレン	4.76 µg/日	要因加算により妊娠期間のセレン需要増加を 1200 µg と算定、これを妊娠期間 (280 日) と吸収率 (0.9) で割った。
クロム	0	必須でない可能性もあり付加量は不要
モリブデン	0	情報不足による未策定であり、マンガンやクロムのように 0 とする積極的意味はない
授乳婦 EAR		
鉄	1.71 mg/日	母乳中濃度×基準哺乳量÷吸収率 (0.16)
亜鉛	2.37 mg/日	母乳中濃度×基準哺乳量÷吸収率 (0.53)
銅	0.496 mg/日	母乳中濃度×基準哺乳量÷吸収率 (0.55)
マンガン	0	授乳によるマンガン損失量 (172~858 µg/日) は 18~29 歳のマンガン目安量策定における丸め処理 (2.8→3.0 mg/日) の範囲内
ヨウ素	100 µg/日	授乳に伴うヨウ素損失量=乳児の目安量 (吸収率は未考慮)
セレン	14.7 µg/日	母乳中濃度×基準哺乳量÷吸収率 (0.9)
クロム	未策定	情報不足だが、策定する必要性はないだろう
モリブデン	2.34 µg/日	母乳中濃度×基準哺乳量 (吸収率は未考慮)
UL		
鉄	未策定	貧血でない妊婦・授乳婦に 50 mg/日以上の鉄投与で障害事例あり
亜鉛	未策定	情報不足
銅	未策定	情報不足
マンガン	未策定	血中マンガン濃度の高い妊婦に妊娠高血圧症、低出生体重児のリスクが高いとする報告あり
ヨウ素	2000 µg/日	胎児・乳児はヨウ素への感受性が高い可能性。成人の UL=1.5
セレン	未策定	情報不足
クロム	未策定	情報不足
モリブデン	未策定	情報不足

1) 丸め処理前の値

2) 吸収率を初期 0.16、中期 0.40、後期 0.50 と見積もり、得られた値について中期と後期を平均した。

表 1-6 微量ミネラルの摂取量調査法と生体指標、および不足・欠乏または過剰に伴う臨床症状（赤字は食事摂取基準 2025 年版で採用しているもの、下線を付しているものは言及のあるもの）

	曝露（摂取量、または status）の生体指標		機能（function）の生体指標		臨床的な症状	
	短期	長期	短期	長期	短期	長期
鉄、不足	国民健康栄養調査 血清フェリチン、 TIBC・トランスフェリン飽和率	血清フェリチン、 TIBC・トランスフェリン飽和率	ヘモグロビン	ヘモグロビン	鉄欠乏性貧血	発育障害、骨粗鬆症リスク発症リスク上昇
鉄、過剰	国民健康栄養調査 血清フェリチン、 タール便	血清フェリチン			胃腸障害、便秘 臓器への鉄蓄積	肝炎のがんへの進展など種々の慢性疾患の悪化、骨量減少
亜鉛、不足	国民健康栄養調査 血清亜鉛	血清亜鉛			皮膚炎、味覚障害、慢性下痢、 銅状態の低下	発育障害、生活習慣病発症リスク上昇
亜鉛、過剰						
銅、不足	国民健康栄養調査 血清銅、血清セロプラズミン	血清銅			Menkes 病 ¹⁾ Wilson 病 ²⁾	生活習慣病の悪化、全死亡率上昇
銅、過剰						
マンガン、不足	食事調査と含有量 ²⁾ 血清マンガン、全血マンガン	血清マンガン、全血マンガン			先天性糖鎖形成不全症 ³⁾	糖尿病発症リスク上昇
マンガン、過剰					妊娠高血圧、低出生体重児	中枢神経障害、糖尿病発症リスク上昇
ヨウ素、不足	食事調査と含有量 ²⁾ 尿中ヨウ素		血清 TSH、甲状腺ホルモン	血清 TSH、甲状腺ホルモン	甲状腺機能障害、甲状腺腫	発育障害
ヨウ素、過剰			血清 TSH、甲状腺ホルモン	血清 TSH、甲状腺ホルモン	甲状腺機能障害、甲状腺腫	
セレン、不足	食事調査と含有量 ²⁾ 尿中セレン、血清セレン	赤血球・全血セレン、足爪セレン	血清 GPX、血清セレン	血清 GPX、血清セレン	心筋障害（克山病など） 毛髪と爪の異常、呼吸のニク臭	がん、心血管疾患発症リスク上昇
セレン、過剰			インスリン感受性			糖尿病発症リスク上昇
クロム、不足	食事調査と含有量 ²⁾ 尿中クロム					
クロム、過剰						
モリブデン、不足	食事調査と含有量 ²⁾ 尿中モリブデン				亜硫酸中毒様症状、Mo 含有酵素欠損症 ³⁾	
モリブデン、過剰					高尿酸血症 ⁴⁾	

- 1) 食事摂取基準2025年版が採用している数値の元になった調査、または文献中で用いられている手法
- 2) 食事調査で得られた食品ごとの摂取量と該当するミネラルの食品中濃度から算定、調査の方法や食品中濃度の出典は多様であり、ミネラルごとに精度にばらつきがある。
- 3) 先天性のものである