

病院および介護施設の食事からの微量ミネラル摂取量の 計算値と実測値との比較

吉田 宗弘^{1)*}, 児島 未希奈¹⁾, 三由 亜耶¹⁾, 森田 明美²⁾
(¹⁾関西大学化学生命工学部食品工学研究室, ²⁾国立健康・栄養研究所)

Comparison of Calculated Values with Analyzed Values in Intake of Microminerals from Diets in Hospital and Nursing Home

Munehiro YOSHIDA¹⁾, Mikina KOJIMA¹⁾, Aya MIYOSHI¹⁾ and Akemi MORITA²⁾

¹⁾Laboratory of Food and Nutritional Sciences, Faculty of Chemistry, Materials and Bioengineering, Kansai University

²⁾National Institute of Health and Nutrition

Summary

Intake of microminerals (iron (Fe), zinc (Zn), copper (Cu), manganese (Mn), iodine, selenium (Se), chromium (Cr) and molybdenum (Mo)) from diets in hospitals and nursing home was determined by atomic absorption spectrometry or inductively coupled plasma mass spectrometry, and compared with those estimated by a calculation using the Standard Tables of Food Composition in Japan, 5th edition (Fe, Zn, Cu and Mn) or 2010 (iodine, Se, Cr and Mo). In the intake of Fe, Zn, Cu and Mn, correlation coefficients between the analyzed values and calculated values ranged from 0.6 to 0.9 and Y-intercepts of the regression equations were near zero; however, slopes of the equation ranged from 0.50 to 0.69. In the daily intake of Se and Mo, the estimated values using the Standard Tables, 2010 were almost equal to the analyzed values. On the other hand, the calculated iodine intake in some diets was markedly lower than the analyzed values. In addition, the calculated Cr intake was less than one-quarter of the analyzed values. These results indicate that considerable loss of Fe, Zn, Cu and Mn occurs in cooking and the estimated Se and Mo intake calculated using the Standard Tables of Food Composition in Japan, 2010 is reliable.

日常の食事からのエネルギーと栄養素の摂取量を知ることは、個人や集団の食生活を評価する上で重要である。食事からの栄養素摂取量を推定する場合、献立に用いられている個々の食材の量と食品成分表に記載されている各食材中の栄養素含有量にもとづく計算値を用いるのが一般的である。また、給食施設などにおいて、管理栄養士が献立を設計する場合も、食品成分表からエネルギーと栄養素の摂取量を計算している。

このようにして算定されたエネルギーと栄養素摂取量が真の摂取量を反映しているかの検討はしばしば行われており、少なくともタンパク質のような主要栄養素では計算値と化学分析にもとづく実測値との間に高い一致性が認められている¹⁾。しかし、一部のビタミンやミネラルについては、献立によって一致しない事例も認められている^{2,3)}。また水溶性ビタミンやミネラルでは調理中の損失も無視できないといわれる⁴⁾。このような成分表と実測値との間の一致性が低い場合には、食事摂取基準における推奨量を満足させる献立を設計する場合に一定の配慮が必要となる。

本研究では、病院および介護施設で提供されている献立からの鉄、亜鉛、銅、マンガン摂取量について、五訂食品成分表にもとづく計算値と化学分析にもとづく実測値との差異を検討した。一方、2010年秋に公表された「日本食品標準成分表2010」においては、収載食品の3分の1に相当する約500食品に対して、ヨウ素、セレン、クロム、モリブデンの含有量が示された⁵⁾。そこで、これら4元素の摂取量についても、計算値と化学分析にもとづく実測値との差異を検討した。

実験方法

1. 食事試料

大阪府下の2つの病院(AおよびB)において、通常食として提供されていた食事を、それぞれ3日間(病院食A1~3, B1~3)、朝、昼、夕食別に収集した(合計で、2×3×3=18試料)。収集時期は病院Aが2010年7月、病院Bが2010年11月である。また神奈川県下の介護施

*所在地：吹田市山手町3-3-35 (〒564-8680)

設において、通常食1日分と介護食1日分を、朝、昼、夕食別に収集した。収集時期は2010年1月である。介護食については別に昼食1回分を2009年11月にも収集した(合計で、 $1 \times 2 \times 3 + 1 = 7$ 試料)。これらのうち、介護食とは、咀嚼または嚥下が困難な要介護者に対するもので、加水もしくはとろみづけを行い、ミキサーなどによって均一後、裏ごしなどによって堅い固形物を除去した半流動食である。各食事は、朝、昼、夕食別に凍結乾燥した後、細粉化し、分析用試料とした。朝、昼、夕食に分けたため、食事試料は総計で25種類となった。

2. 微量ミネラルの分析

1) 鉄、亜鉛、銅、マンガン、セレン、モリブデンの定量：粉末試料1gをケルダールフラスコに入れ、硝酸10mLと沸騰石を加えて約30分加熱後、過塩素酸2mLを加え、過塩素酸の白煙が生じるまで加熱して完全に灰化した。そして灰化液に標準ロジウムとテルルを終濃度20ng/mLとなるように加え、純水で10mLにメスアップしたものを測定用試料とした。この試料中の鉄、亜鉛、銅、マンガンをつレーム式原子吸光光度計、セレンとモリブデンを誘導結合プラズマ質量分析器(ICPMS)、を用いて定量した。ICPMSの測定において、セレンに対してはテルル、モリブデンに対してはロジウムを内部標準とした。

2) ヨウ素の定量：粉末試料200mgに20ng/mLのテルルを含む0.5%テトラメチルアンモニウムヒドロキシド溶液40mLを加え、室温で一晩放置した。さらに、60℃で4時間加熱後、遠心および濾過を行い、抽出液を得た。抽出液中のヨウ素を、テルルを内部標準として、ICPMSを用いて定量した。

3) クロムの定量：粉末試料500mgを磁製するつぼに入れ、550℃で16時間加熱した。灰化後の残渣を20ng/mLのロジウムを含む0.1M硝酸に溶解し、含有されるクロムを、ロジウムを内部標準として、ICPMSを用いて定量した。

3. 成分表からの微量ミネラル摂取量の算定

1) 鉄、亜鉛、銅、マンガンの摂取量の算定：鉄、亜鉛、銅、マンガン摂取量の成分表からの計算値は各施設において五訂食品成分表にもとづき算定された数値を使用した。

2) 「日本食品標準成分表2010」を用いたヨウ素、セレン、クロム、モリブデン摂取量の算定：「日本食品標準成分表2010」においてヨウ素、セレン、クロム、モリブデン含有量の記載があるのは全体の約3分の1である。実際、今回の収集献立で使用されていた138食品中で、成分表にこれら4元素の含有量記載があったのは49%だった。記載のない食品に関しては、①近縁のもので代用(ロース肉→牛肉の平均値、ロールパン→パンの平均値、魚種の細かな違いを同属のもので代用(例、サワラ→同じアジ科のサバで代用)など)、②ミックスベジタブルなどのように加工食品において、複数の食品を組み合わせていることが明

らかな場合は、構成食品の平均値を使用、③その食品が属する食品群ごとの平均値で代用、のいずれかの方式で数値をあて、摂取量の算定を行った。結果として、①は138食品中の17%、②は7%、③は27%だった。

結果

Fig. 1に、朝、昼、夕食別の25試料に関して、鉄、亜鉛、銅、マンガンの摂取量の計算値を独立変数(X)、分析値を従属変数(Y)とした回帰分析の結果をまとめた。なお、鉄に関しては、計算値(7.1mg)と実測値(0.65mg)との乖離が著しい1試料を除外して関連を検討した。4種の微量ミネラル摂取量の計算値と実測値との相関は強く($r = 0.6 \sim 0.9$)、その回帰式は、Y切片の95%信頼区間(鉄、 $-0.53 \sim 1.12$; 亜鉛、 $-0.16 \sim 0.79$; 銅、 $-0.08 \sim 0.03$; マンガン、 $-0.01 \sim 0.25$)がゼロを含み、傾き(回帰係数)が0.5~0.7の範囲だった。

Table 1は、病院と介護施設の食事8日分について、ヨウ素、セレン、クロム、モリブデンの1日摂取量の計算値と分析値を一覧にしたものである。なお、ヨウ素とクロムに関しては、介護施設の食事が分析できなかったため、病院食6日分のみでの比較である。対応のあるt検定では、クロムのみ計算値と実測値に有意な差があり、他の3元素は有意差なしだった。

ヨウ素摂取量において、分析値/計算値の比は0.85~5.85だった。すなわち、計算値は6日中2日が100 $\mu\text{g}/\text{d}$ 未満、残り4日が250~420 $\mu\text{g}/\text{d}$ だったのに対して、分析値は6日すべてが290~420 $\mu\text{g}/\text{d}$ であり、3分の1において計算値と分析値との乖離が認められた。一方、クロムの摂取量においては、計算値と分析値の相関は大きかったが、分析値/計算値の比は4.64~6.85であり、いずれの日も分析値が計算値を大きく上回っていた。

これに対して、セレンとモリブデンの摂取量では、分析値/計算値の比がそれぞれ0.78~1.84と0.98~1.80であり、計算値と分析値がおおむね一致する傾向にあった。そこでこの2元素については、朝、昼、夕食別に分けた24試料(別途収集した介護施設の介護食昼食は、献立についての詳細な情報が得られず、摂取量の計算値がもとめられなかったため検討から除外した)を対象として、計算値と分析値との関連を検討し、Fig. 2に示した。相関係数は、セレンが0.67、モリブデンが0.78であり、比較的大きかった。回帰式を求めたところ、セレンにおいてはY切片が比較的大きく(95%信頼区間11.4~32.0)、傾きは0.74となった。これに対してモリブデンの回帰式では、Y切片の95%信頼区間(-43.7~30.7)がゼロを含み、傾きは1.39だった。

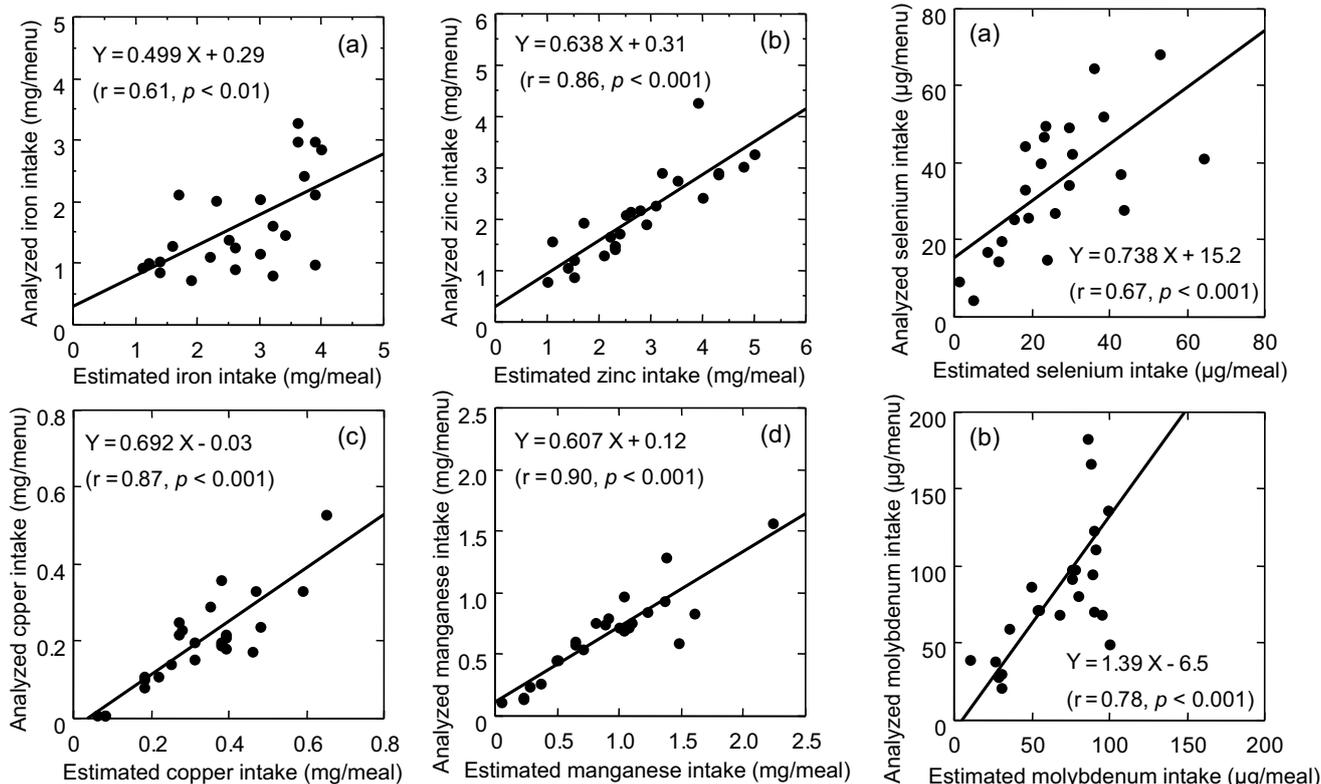


Fig. 1 Relation between estimated and analyzed values in intakes of iron (a), zinc (b), copper (c) and manganese (d)

Fig. 2 Relation between estimated and analyzed values in intakes of selenium (a) and molybdenum (b)

Table 1 Comparison of estimated values with analyzed values in intakes of iodine, selenium, chromium and molybdenum from diets in hospital and nursing home

Diets	Iodine ($\mu\text{g}/\text{d}$)		Selenium ($\mu\text{g}/\text{d}$)		Chromium ($\mu\text{g}/\text{d}$)		Molybdenum ($\mu\text{g}/\text{d}$)	
	Estimated	Analyzed	Estimated	Analyzed	Estimated	Analyzed	Estimated	Analyzed
Hospital								
Usual diet A1	347	411	108	101	7	48	242	302
Usual diet A2	80	340	146	114	5	22	269	289
Usual diet A3	52	304	73	90	5	25	253	247
Usual diet B1	246	332	120	125	9	28	223	177
Usual diet B2	345	292	82	151	13	67	218	333
Usual diet B3	419	415	86	146	14	65	267	480
Nursing home								
Usual diet	—	—	58	59	—	—	157	230
Soft semi-liquid diet	—	—	17	24	—	—	65	106
Mean	248	349	86	101	9	43	212	271
Paired t-test	NS		NS		p=0.005		NS	
Correlation coefficient	0.56 (NS)		0.67 (NS)		0.88 (p=0.017)		0.71 (p=0.049)	

考 察

鉄において、計算値と分析値との間で著しい乖離を示したのは、水戻しされた状態で販売されているヒジキを用いた献立だった。このようなヒジキでは、水戻し操作の過程において大部分の鉄が流出していると思われる。

鉄、亜鉛、銅、マンガン摂取量において、五訂成分表にもとづく計算値と実測値との間の関連を検討したところ、相関係数は比較的大きく、回帰式の Y 切片はいずれもゼロを含み、その傾き（回帰係数）は 0.5～0.7 の範囲だっ

た。すべての食品に関して成分表記載の数値が実際のものよりも小さいということは考えにくい。したがって、高い相関係数と 0.5～0.7 の傾きは、これらの微量ミネラルでは調理中の損失が 30～50%であることを示している。調理によるミネラルの損失はミネラルの種類に関わらず 25%程度といわれているが⁴⁾、今回の結果はこれよりも明らかに大きい。今回の病院食では煮物のように損失が大きい調理法のものが多かったことが関係しているのかもしれない。なお介護食では、通常の調理に裏ごしなどの操作が加わっており、栄養素の損失はさらに大きくなる可能性が

高いが、今回は確認できなかった。

2010年秋に公表された「日本食品標準成分表2010」においては、ヨウ素、セレン、クロム、モリブデンの含有量が初めて示されたが、含有量記載の対象となった食品は全体の約3分の1に過ぎなかった⁵⁾。このため、これら4元素の摂取量計算においては、使用食品の約半分に関して数値のあてはめ作業を行う必要があった。記載されていない食品に関して、その食品が含まれる食品群の平均値を使用することは、あてはめのルールとして単純で好ましいといえる。しかし、現実には、全体の約4分の1近くが、パンの種類や肉の部位、魚種の細かな違いなど、明らかに近縁の食品が利用可能なケース、または調理済み食品などで食材が特定できるケースであったため、食品群の平均値使用のケースは全体の27%にとどまった。あてはめ作業は恣意的に陥る危険性もあるので、今後、4元素含有量を記載した食品数の増加が期待される。

「日本食品標準成分表2010」を利用したヨウ素、セレン、クロム、モリブデン摂取量の計算値と実測値との関連を検討したところ、ヨウ素では両者の乖離が著しいケースが認められた。ただし、ヨウ素摂取量の把握では、まず低ヨウ素の献立と摂取量が数mgにも達する高ヨウ素の献立の区別が期待されるが、今回の献立はいずれも1日500μgまでの低ヨウ素の献立であったため、今回の結果からは成分表を用いた計算値によってこの区別を行えるかという判断はできない。ヨウ素濃度の高い食品は水産物、とくに海藻類であり、なかでも昆布製品のヨウ素摂取への寄与は著しいことが知られている⁶⁾。しかし、昆布製品、とくに「だし」として使用される場合、これを定量的に把握することは難しい。すなわち一般論としては、ヨウ素摂取量を計算によって把握する場合、布施らが提案しているように特別な調査票を使用するか⁷⁾、あるいは食事記録をとるさいに昆布製品の使用量をできるかぎり詳細に記載することを心がけることが必要であろう。

クロムでは計算値と分析値との相関係数は高かったが、分析値は計算値の数倍となった。分析値が高くなった理由としては、調理加工段階でのクロムの汚染、および分析段階でのクロムの汚染が考えられる。今回の分析ではステンレス製の実験器具を100%回避することができていないので、分析中の汚染は否定できない。ただし、今回の実測によるクロム摂取量の数値は、国内外における陰膳収集献立のクロム分析値とほぼ等しい⁸⁻¹⁰⁾。したがって、分析での汚染よりも調理加工の段階でのクロム汚染が寄与している可能性が高い。かりに調理加工における汚染の寄与が大きいとすれば、実測値の意義が大きく、成分表からの計算値は実態を反映していないことになる。この点を解明するには、厳格に汚染をコントロールした分析を前提として、調理加工に伴うクロム含有量の変化を追跡する必要がある。ただし、成分表においても高クロム濃度の食品は、各食品群に散見され、一定の傾向が認められない。このことは調理前の食品においても、高クロムが汚染によって引き起こ

されていることを意味している。以上より、現状では、成分表からのクロム摂取量の算定は困難であり、かつその意義も小さいといわざるを得ない。

ヨウ素、クロムとは異なり、セレンとモリブデンでは、計算値と分析値がおおむね一致しており、「日本食品標準成分表2010」を用いた計算による摂取量把握は可能と判断できる。これは、セレンが魚介類や小麦製品、モリブデンが穀類と豆類といった主要食品が供給源であり^{11,12)}、これらの食品は食事記録において定量的把握が容易であるためと思われる。セレンに関しては、両者の回帰式が原点からやや離れ、傾きが0.74となった。しかし、献立の数値自体は近似しているケースが多かった。したがって、傾きの数値から、ただちにセレンに関して25%程度の調理損失があると結論することはできない。検討例が増加すれば、回帰式が原点に近づき、傾きも大きくなる可能性も考えられる。一方、モリブデンでは、回帰式が原点付近を通過するものの、傾きが1.4となっており、分析値が計算値よりもやや高い値となる傾向にあった。しかし、これも検討例を増加することにより、1に近い傾きとなる可能性も考えられる。今後より多くの献立について検討し、計算値と実測値との正確な関連を明らかにする必要があるだろう。

本研究は、平成23年度厚生労働科学研究費補助金（循環器疾患等生活習慣病対策総合研究事業：日本人の食事摂取基準の改定と活用に関する総合的研究）により行われたものである。

参考文献

- 1) 菅原和夫, 熊江 隆, 町田和彦, 島岡 章, 大下喜子, 鈴木継美 (1983) “秤量法”, “買上げ計算法”, “思い出し法”によるタンパク質, およびナトリウム摂取量と実測値との比較. 栄食誌 36: 15-20.
- 2) Fraser GE, Shavlik DJ (2004) Correlations between estimated and true dietary intakes. *Ann Epidemiol* 14: 287-295.
- 3) 富永直美, 今井美子, 保元美保子, 池田康子, 猪口尚子, 後藤智美, 横田美菜子, 文 燦錫, 渡辺孝男, 池田正之, 新保慎一郎 (1994) 食事中からの鉄摂取量について—計算値と実測値の比較—. 京都女子大学食物学会誌 49: 35-43.
- 4) 木村美恵子, 糸川嘉則 (1990) 食事中ミネラルの調理損耗の実態と基礎実験. 栄食誌 43: 31-42.
- 5) 文部科学省科学技術・学術審議会資源調査分科会 (2010) 日本食品標準成分表2010. 全国官報販売協同組合, 東京.
- 6) Nagataki S (2008) The average of dietary iodine intake due to the ingestion of seaweed is 1.2 mg/day in Japan. *Thyroid* 18: 667-668.
- 7) 布施養善, 山口 暁, 山口 稔, 岡安香織, 植松裕子,

- 大橋俊則, 紫芝良昌, 入江 實 (2011) 食物からのヨウ素摂取量を推定するための食物摂取頻度調査票作成の試み. 日臨栄会誌 32 : 147-158.
- 8) 池辺克彦, 田中之雄, 田中凉一 (1988) 陰膳方式による 15 金属元素の一日摂取量について. 食衛誌 29 : 52-57.
- 9) Van Cauwenbergh R, Hendrix P, Robberecht H, Deelstra HA (2003) Daily dietary chromium intake in Belgium, using duplicate portion sampling. *Z Lebensm Unters Forsch* 203: 203-206.
- 10) Marzec Z (2004) Alimentary chromium, nickel, and selenium intake of adults in Poland estimated by analysis and calculations using the duplicate portion technique. *Nahrung* 48: 47-52.
- 11) 吉田宗弘 (2007) 日本人はセレン摂取を増やすべきか. *臨床栄養* 111 : 598-599.
- 12) 吉田宗弘 (2007) 日本人におけるモリブデン栄養の現状. *臨床栄養* 111 : 286-287.
- 13) Hattori H, Ashida A, Itô C, Yoshida M (2004) Determination of molybdenum in foods and human milk, and an estimate of average molybdenum intake in the Japanese population. *J Nutr Sci Vitaminol* 50: 404-409.