

岩手県内地域住民の食事からの微量元素摂取状況 ：モリブデン摂取量について

Daily Intake of Trace Elements of Residents in Iwate Prefecture: Daily Molybdenum Intake

千葉啓子^{*1}, 猿渡英之^{*2}, 中塚晴夫^{*3}, 渡辺孝男^{*4}

Keiko CHIBA, Hideyuki SAWATARI, Haruo NAKATSUKA and Takao WATANABE

116 duplicate diet samples of local residents in Iwate prefecture were collected in order to examine their daily intake of minerals and other trace elements, especially molybdenum intake.

Residents' daily intake of most minerals and trace elements proved high when compared with the estimated average requirement (EAR) listed in the 2015 edition of *Dietary Reference Intakes for Japanese*. Mean daily consumption of molybdenum measured $214 \pm 88 \mu\text{g}/\text{day}$, well exceeding the EAR. Similar results of excess intake were observed in all five areas where samples were collected, while insufficient molybdenum intake was not seen.

Residents' everyday diets are comparatively heavy in cereals and pluses, which are responsible for the high molybdenum levels. A significant correlation was found between actual molybdenum values measured via dietary analyses and calculated nutritional values ($r=0.804$, $p<0.01$).

Keywords: Molybdenum intake, Trace element intake, Food duplicate method
モリブデン摂取量, 微量元素摂取, 陰膳食事法

1. はじめに

生体内にはその存在量が 0.01% (100ppm) にも満たない微量元素が存在する。地殻に由来するものが多く、食品などを介して人の体内に取り込まれる。微量元素には体の機能に必須な元素もあり、日本人の食事摂取基準 (2015 年版)¹⁾では、鉄、亜鉛、銅、マンガン、ヨウ素、セレン、クロム、モリブデンの 8 種類の微量元素について、日常の食生活で不足のリスクや健康障害の生じるリスクがともにゼロに近い安全な摂取範囲や過不足の回避を目的として指標値を設定された。摂取不足の回避の指標値は科学的根拠が十分でないマンガンとクロムは目安量が、それ以外の 6 元素は推定平均摂取量が設定された。一方、過剰摂取による健康障害のリスクの回避を目的とした耐容上限量はクロムを除いた 7 元素に設定されている。必須元素であってもこの量を超えて摂取すると、過剰摂取によって生じる潜在的な健康障害のリスクが高まることが懸念される。クロムは過剰摂取による健康障害について、量-反応関係に関する研究が不十分であることから耐容上限量の設定が見合わされた。カルシウムなどの多量元素に比べ、一体に微量元素に関する研究は少ない。上述の指標値も特定の集団を対象とした調査や動物実験で得られた結果に基づくものであり、一般の人を対象とした日常食からの微量元素摂取量の把握やデータの蓄積は喫緊の重要な課題である。

食事摂取基準の見直しに伴い、日本食品標準成分表 2010²⁾から新たにヨウ素、セレン、クロム、モリブデンの食品中含有量が記載され、食品からの摂取量を推定することが容易になった。本誌の前号³⁾では食事のヨウ素摂取量に着目し、岩手県沿岸地域での陰膳実測法 (Food duplicate method) による食事調査から得られた結果を報告した。今回はモリブデンに着目し、前回の岩手県内の沿岸 1 地区に内陸 4 地区を加えた 116 名の住民を対象とした陰膳食事調査から、日常の食生活におけるモリブデン摂取の実態を検討したので報告する。

2. 対象と方法

2-1. 調査地域及び対象

調査は 2011 年 12 月～2015 年 3 月末に実施した。当初、岩手県沿岸南部における 2003 年調査⁴⁾から約 10 年後のフォローアップとして 2011 年 4 月から 3 年間、科研費による研究として計画されたが、対象地域が 2011 年 3 月の東日本大震災・津波により被災し、同年 5 月に厚労省より「被災地で実施される調査・研究について」の連絡事項として、対象となる被災者に過度な負担とならないよう、大学等研究機関は十分配慮する旨、通達があったことから、沿岸地域での調査を当面延期した。この延期期間に、対照地域として同県内陸部で被災影響が少なかった県中央から県南にかけての農業地域住民 (JA

*1 生活科学科食物栄養学専攻, *2 宮城教育大学教育学部, *3 金沢学院短期大学食物栄養科, *4 東北文教大学人間科学部

岩手県厚生連組合員)の協力を得て、陰膳実測法による食事調査を実施した。本来の対象である沿岸漁業地域での調査は2014年度採択の科研費により2015年3月に実施し、10年後のフォローアップ調査としてだけでなく、被災による沿岸地域住民の食生活への直接的影響の有無や健康状況の把握も兼ねた。対象地区を図1に、対象者数及び年齢(平均値±標準偏差)を表1に示した。

内陸の対象地域はA地区が県庁所在地の盛岡市近郊に位置し、A地区から南下する形でB～C～D地区が立地する。4地区は約50km圏内にあり、水稻の他、小麦、大豆、野菜、さらに果物など多様な農業を営んでいる。一方、E地区は太平洋沿岸の南部に位置し、主として昆布・ワカメ、ウニ・アワビの養殖漁業を営んでいる。5地区全体で男性30名(平均年齢60.9±9.6歳)、女性86名(平均年齢59.8±8.5歳)、計116名を対象とした。調査時期はいずれも冬季の農閑期、漁閑期とした。

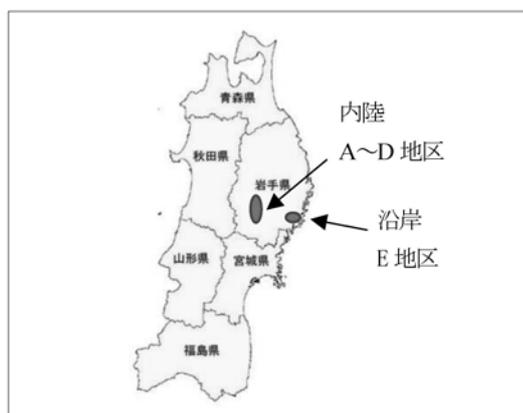


図1. 対象地区

表1. 調査対象

地域	地区	対象	男性	女性	合計
内陸	A	人数	2	10	12
	A	平均年齢	61.5±4.9	61.5±4.9	61.5±4.7
	B	対象者数	1	28	29
	B	平均年齢	66	61.3±6.0	61.4±6.0
内陸	C	人数	10	7	17
	C	平均年齢	53.7±12.9	62.0±6.0	57.1±11.2
内陸	D	人数	10	29	39
	D	平均年齢	66.1±2.9	59.8±10.6	61.4±9.6
沿岸	E	人数	7	12	19
沿岸	E	平均年齢	62.9±6.1	53.5±9.5	56.9±9.5
全体	A~E	人数	30	86	116
	A~E	平均年齢	60.9±9.6	59.8±8.5	60.1±8.8

平均年齢:平均値±標準偏差

2-2. 調査概要

2-2-1. 食事調査及び健康診断等の実施

食事調査は、対象者の丸1日分の全飲食物を朝食、昼食、夕食、それ以外(以下、間食とする)に分け、内陸4地区では連続する3日間の全ての飲食物を食事票に記録してもらった。最終日の3日目には陰膳実測法により、実際に摂取した状態の全ての飲食物を採取容器に詰めてもらい、食事票とともに回収した。沿岸E地区においては対象者の負担軽減を図り、食事調査への協力を1日のみとした。すなわち、陰膳実測法の食事採取日に食事票の記入を依頼した。陰膳食事は採取日の翌日に地元の集会所やJA岩手県厚生連県南センターなどで、管理栄養士が対象者に食事内容の確認と聞き取りをしながら回収し、回収完了後は直ちに本学へ輸送し、秤量開始まで大型冷蔵庫内にて保管した(図2-a, b)。回収後の食事検体は食事票の記録に基づき食品毎に分別、秤量したのち、日本食品標準成分表2010²⁾を用いて栄養素等摂取量を算出した。

食事回収とともに、食生活・嗜好に関するアンケート調査および健康診断(医師による内科検診、採血、採尿、血圧測定、身長・体重・体脂肪測定、毛髪採取)を実施した。



図2-a. 陰膳回収風景



図2-b. 陰膳例(1日分)

2-2-2. 食事試料中元素分析

秤量後の食事試料は食事毎に少量のミリポア精製水を加えてミキサーにかけて均一にした後、保存容器に移し、分析用検体として-30℃で凍結保存した。

元素分析のうち、ヨウ素以外の元素分析の前処理には食事試料 6g を硝酸を用いて湿式分解(湿式灰化ともいう)する方法により測定溶液を調製した。ユニシール分解法(容器が高価、乾燥～冷却に手間が掛かり、効率が悪い)やマイクロ波分解法(ごく少量の調製しかできない)の短所を補う方法として、従来行なわれてきたホットプレート上での灰化作業を改良した方法であり、合わせて分解過程で発生する酸性ガス対策が十分考慮されていることを本誌の前号で報告した⁵⁾。

ヨウ素は先の報告³⁾に記載した前処理方法に従って試料調製した。すなわち、均一にした食事試料 2.5g をポリプロピレン製遠沈管に取り、0.5%水酸化テトラメチルアンモニウム水溶液を加えて 50g とし、60℃の水浴中で一夜放置した。これを遠心分離して固形物を取り除き、その上清液を分析に用いた。

多量元素類(ナトリウム、カリウム、マグネシウム、カルシウム、リン)の分析には誘導結合プラズマ発光分光分析装置(ICP-OES: サーマサイエンティフィック株式会社 iCAP6500DUO)を使用した。他方、微量元素類(鉄、亜鉛、銅、マンガン、ヨウ素、セレン、クロム、モリブデン)の分析には誘導結合プラズマ質量分析装置(ICP-MS: アジレントテクノロジー株式会社 7700x)を用いて測定した。

2-3. データ解析

データ集計及び解析にはエクセル 2013 を用いた。測定によって得られたデータは平均値±標準偏差で示した。モリブデン摂取量の地域差検定には t-test を用いた。また、モリブデン摂取量の計算値と実測値の関係については単相関分析を、食品群別摂取量との関連性については一元配置分散分析を行なった。

2-4. 倫理的配慮

本研究は岩手県立大学研究倫理審査委員会の承認を得て実施された。また、地域住民には事前に本研究に関する説明文書の配布と説明会を開催し、同意が得られた者を対象とした。なお、本研究の対象地域に東日本大震災津波の被災地が含まれる事から、対象者に過度な負担が掛からないよう、とくに留意の上、調査を実施した。

3. 結果と考察

3-1. 1日の食事中ミネラル・微量元素摂取状況

表2に対象者のミネラル、微量元素の摂取量を地区毎に示した。日本人の食事摂取基準(2015年版)¹⁾で、摂取不足を回避するための指標として設定された推定平均必要量と本調査結果を比較すると、ほとんどのミネラルや微量元素は推定平均必要量を上回る数値を示し、摂取不足は認められなかった。なかでも骨の健康に重要な働きを持つが、吸収率が悪く不足しがちな栄養素といわれているカルシウムは、ほとんどの人が不足しないことを示す推奨量とほぼ近似しており、対象者では望ましい摂取状況を示していた。

食品から摂取されるクロムはほとんどが3価クロムで、糖質や脂質の代謝を助けたり、血糖値をコントロールするインシュリンの働きを活性化する作用を持つこと^{6,7)}から必須微量元素とされている。2010年版の日本標準成分表²⁾ではクロムの数値が記載された食品数は約500種で、日常の食生活で高頻度に出現する食品はほぼ網羅されており、通常の献立であればクロム摂取量の算定が可能である。日本人の食事摂取基準(2015年版)¹⁾では、推定平均必要量を設定する十分な科学的根拠が得られていないため、代わりに不足状態を示す人がほとんど観察され

表2. 対象者の栄養素等摂取量

	地区					全体	推定平均必要量	耐容上限量
	A	B	C	D	E	A~E		
人数(人)	12	29	17	39	19	116		
エネルギー(kcal)	2137±365	1898±400	2242±521	1852±458	2138±653	1997±499		
蛋白質(g)	74.0±16.3	67.6±16.2	77.7±21.5	66.1±19.3	66.7±17.9	69.1±18.6	60	50
脂質(g)	55.8±16.6	50.9±15.2	51.5±15.4	47.6±15.3	57.6±25.8	51.5±17.6		
ナトリウム(mg)	3928±850	3584±1077	4125±1298	3438±871	4321±1385	3771±1120	600	
カリウム(mg)	2777±369	2688±591	3367±1608	2589±1451	2443±914	2723±1169	2500 / 2000	
カルシウム(mg)	586±174	589±207	697±258	616±303	589±286	613±259	600 / 550	2500
マグネシウム(mg)	311±62	288±68	344±178	296±179	296±152	303±143	290 / 240	
リン(mg)	1101±255	1033±257	1215±365	1036±337	1030±326	1067±315	1000 / 800	3000
鉄(mg)	10.9±5.2	9.1±3.0	9.2±3.2	8.3±3.1	8.4±3.2	8.9±3.4	6.0 / 5.5	50 / 40
亜鉛(mg)	9.2±2.8	8.0±2.0	9.1±3.1	8.2±2.3	7.4±2.0	8.3±2.4	8 / 6	45 / 35
銅(mg)	1.4±0.3	1.3±0.2	1.4±0.5	1.3±0.3	1.2±0.4	1.3±0.3	0.7 / 0.6	10
マンガン(mg)	4.0±1.5	4.4±1.2	4.6±2.1	3.9±1.7	4.2±1.7	4.2±1.6	4.0 / 3.5	11
ヨウ素(μg)	4593±5999	4068±6167	4160±8563	1013±2536	1238±3595	2645±5434	95	3000
セレン(μg)	54.4±30.0	46.8±21.1	60.3±25.1	48.7±18.1	43.1±24.9	49.6±22.7	25 / 20	440 / 350
クロム(μg)	6.3±2.2	5.7±2.9	7.2±3.0	5.1±2.3	5.9±3.0	5.8±2.7	10	
モリブデン(μg)	236±102	203±69	265±122	217±74	163±77	214±88	20	550 / 450
BMI(kg/m ²)	24.8±4.4	24.3±4.9	23.5±2.2	23.4±2.8	24.2±3.6	23.9±3.7	20~24.9(目標範囲)	

栄養素、ミネラル、微量元素の数値は平均値±標準偏差で表した。
推定平均必要量、耐容上限量は50~69歳の数値を用いた。左は男性、右は女性の数値で、表記が1つの場合は男女同値である。
たんばく質は推定平均必要量の代わりに推奨量が設定されている。
クロムの推定平均必要量は2015年版では目安量に変更された。

ない目安量として10 μg /日を設定している。また、有害性が高い6価クロムと違い、3価クロムは過剰摂取による中毒事例はなく、サプリメントを利用した場合の副作用の報告も極めて少ないことから耐容上限量は設定されていない。

日本人のクロム摂取量に関する加藤らの研究では、日本標準成分表2010²⁾を用いて日本人のクロム摂取量を算定すると10 μg /日未満という数値が得られ、これまでクロム摂取量の推定に引用されていた文献値との間に大きな乖離がみられることが報告されている⁸⁾。同一献立について成分表からの計算値と実測値を比較した吉田らの研究でも同様の結果が得られ⁹⁾、この原因は成分表に記載されている食品のクロム含有量が余りにも低いことによると推察している。

今回の食事票から算出されたクロム摂取量の計算値は最も低い地区の平均値が5.1 \pm 2.3 μg /日、最も高い地区でも7.2 \pm 3.0 μg /日で、いずれの地区も目安量の10 μg /日を大きく下回る50～70%の摂取量であり、数値の比較だけでは多くの対象者はクロムの摂取不足と評価される。対象者の食事試料中のクロム量を早急に実測し、計算値との比較検討を行いたい。また、血液、尿、毛髪を試料中クロム濃度の分析も合わせて実施し、それらの結果を含めて解析し、クロム摂取量の実態を明らかにしたい。

前号で取り上げたヨウ素については、日常の食生活における摂取実態の詳細や食事摂取基準の指標値の設定等にまだ検討課題が多く残されており³⁾、今後も継続して取り組むこととしたい。

3-2. モリブデンの摂取状況

モリブデンは他の必須微量元素と同じく遷移元素として生体内で酵素や生理活性物質の活性中心として重要な働きをするが、これらの生理機能は一般的には余り知られていず、関連する文献も少ない。モリブデンは食品から摂取され、血液を介して肝臓や腎臓、骨に運ばれ、これらの臓器や組織に多く分布し、尿酸合成に関わるキサンチンオキシダーゼやアミノ酸分解に働くアルデヒドオキシダーゼなどの活性中心として作用する¹⁰⁾。欠乏症はまれであるが、欠乏すると亜硫酸毒性がみられ、頻脈、頭痛などが起こる¹¹⁾。モリブデンは穀類や豆類などの植物性食品に多く含まれていて、日本人はこれらの食品を日常よく摂取していることから通常の食生活では不足はほとんど起こらないと考えられている¹²⁾。一方、動物性食品を摂取しない菜食者では、モリブデン摂取量が1,000 μg /日近くに及ぶことも稀でない¹³⁾。過剰摂取による中毒は「モリブデノーシス(molybdenosis)」と呼ばれ、コロラド州のモリブデンを多く含む土地の草を食べた牛が中毒した例が知られており、体重減少や貧血症状を呈する¹⁴⁾。人では普通の食生活でモリブデンを過剰に摂取しても速やかに尿中に排泄されるので¹⁵⁾、過剰症は起こり難く、問題になった事例は少ない。モリブデン中毒に関する研究も動物実験によるものが殆どである。

今回の調査対象者116名のモリブデン摂取量の分布を図3に示した。モリブデン摂取量は高値側にややすそを引き、完全な左右対称の正規分布型ではないが、対数変換で、より正規分布に近づいた。この高値側にシフトする傾向はヨウ素摂取量でも観察されているが³⁾、ヨウ素で何例かみられた耐容上限を超える極端な高値は存在しなかった。

食事票から算定したモリブデンを含む、鉄以下の微量元素摂取量の地区別・性別平均値を表3に示した。表には食事摂取基準(2015年版)¹⁾の推定平均必要量と耐容上限量の指標値も合わせて示した。調査対象者116名における1日の食事からのモリブデン摂取量は214 \pm 88 μg で、最も多く摂取したC地区の平均が265 \pm 122 μg /日、最も少なかったE地区でも163 \pm 77 μg /日であった。日本人のモリブデン摂取量の報告は少ないが、日本人の平均的献立で225 μg /日の報告があり^{12,16)}、今回の調査結果はこれらと近似していた。

食事摂取基準(2015年版)¹⁾における摂取不足の回避の目安である推定平均必要量は今回の対象者の平均年齢に

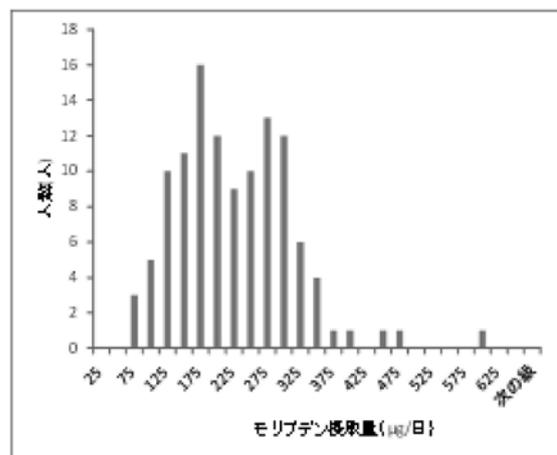


図3. 食事からのモリブデン摂取量の分布

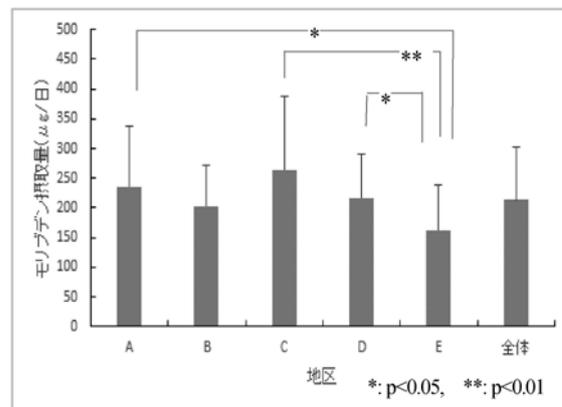


図4. 地区別モリブデン摂取量

表3. 地区別・性別の1日の微量元素摂取量

地区	性別	人数	鉄 mg	亜鉛 mg	銅 mg	マンガン mg	ヨウ素 μg	セレン μg	クロム μg	モリブデン μg
A	男性	2	14.8 ± 8.6	7.8 ± 1.6	1.20 ± 0.13	4.4 ± 0.77	11561 ± 681	30.7 ± 4.6	6.3 ± 1.4	232 ± 35
	女性	10	10.1 ± 3.4	9.5 ± 2.7	1.42 ± 0.33	3.93 ± 1.57	3199 ± 5277	59.1 ± 29.1	6.3 ± 2.3	237 ± 106
	計	12	10.9 ± 5.0	9.2 ± 2.6	1.38 ± 0.32	4.02 ± 1.48	4593 ± 5744	54.4 ± 28.7	6.3 ± 2.1	236 ± 98
B	男性	1	17.8	13.3	1.78	6.90	6431	59.7	6.3	241
	女性	28	8.8 ± 2.5	7.8 ± 1.7	1.24 ± 0.20	4.33 ± 1.13	3983 ± 6150	46.4 ± 20.9	5.6 ± 2.9	202 ± 69
	計	29	9.1 ± 3.0	8.0 ± 1.9	1.26 ± 0.22	4.42 ± 1.21	4068 ± 6059	46.8 ± 20.7	5.7 ± 2.9	203 ± 68
C	男性	10	9.3 ± 3.8	10.4 ± 3.1	1.47 ± 0.54	4.93 ± 2.21	2644 ± 7253	64.0 ± 24.3	6.8 ± 2.1	302 ± 135
	女性	7	9.1 ± 1.5	7.3 ± 1.6	1.25 ± 0.28	4.22 ± 1.62	6325 ± 9191	55.0 ± 23.3	7.8 ± 3.6	211 ± 55
	計	17	9.2 ± 3.1	9.1 ± 3.0	1.38 ± 0.47	4.64 ± 2.02	4160 ± 8307	60.3 ± 24.3	7.2 ± 2.9	265 ± 118
D	男性	10	8.9 ± 4.2	9.6 ± 2.3	1.43 ± 0.35	4.51 ± 2.53	429 ± 838	52.6 ± 21.6	5.3 ± 2.2	243 ± 48
	女性	29	8.2 ± 2.5	7.8 ± 2.0	1.23 ± 0.32	3.71 ± 1.15	1214 ± 2833	47.4 ± 16.1	5.0 ± 2.3	208 ± 77
	計	39	8.3 ± 3.0	8.2 ± 2.2	1.28 ± 0.34	3.92 ± 1.66	1013 ± 2503	48.7 ± 17.8	5.1 ± 2.3	217 ± 73
E	男性	7	9.6 ± 4.1	8.4 ± 2.1	1.40 ± 0.36	4.49 ± 2.18	2372 ± 5481	45.3 ± 34.7	6.1 ± 3.4	204 ± 81
	女性	12	7.5 ± 2.4	6.7 ± 1.8	1.05 ± 0.36	4.29 ± 1.82	453 ± 657	39.5 ± 16.9	6.0 ± 2.7	147 ± 74
	計	19	8.4 ± 3.2	7.4 ± 2.0	1.16 ± 0.37	4.16 ± 1.76	1238 ± 3595	43.1 ± 24.9	5.9 ± 3.0	163 ± 77

平均値 ± 標準偏差

最も近い60歳での数値が20μg/日である。今回の調査結果はこれを十分上回る摂取量であった。一方、過剰摂取の指標である耐容上限量は男性550μg/日、女性450μg/日であるが、ほとんどの対象者がこの数値以内であった。全体的にみて、今回の調査対象者が食事を介して一日に摂取したモリブデンは食事摂取基準(2015年版)¹⁾の正常範囲内であったと考える。

調査地区毎のモリブデン摂取量の平均値の比較を図4に示した。沿岸のE地区のモリブデン摂取量は内陸の4地区に比較して低い傾向にあり、C地区(p<0.01)、A、D地区(p<0.05)との間に有意の差が認められた。内陸A~D地区では収穫される農産物は自分達の食生活の食材としても利用頻度が高いと考えられる。モリブデンは穀類や豆類に多く含まれることから、対象者の食事の中のモリブデン摂取量がこれらの食品の摂取量と関連していたことが推測される。すなわち、モリブデン摂取量の多かった地区ではモリブデンを多く含む穀類や豆類の摂取が多く、これらの食品の寄与が大きかったためと考えられる。この可能性を検討するために、モリブデン摂取量の平均値が最も高かった内陸C地区と最も低かった沿岸E地区について、食品毎のモリブデン摂取量を算出し、1日のモリブデン摂取量に対する食品群別の摂取割合(%)を比較した(図5)。食品群別のモリブデン摂取割合は両地区とも穀類からの摂取が最も多く、C地区では141.5μg/日で、1日のモリブデン摂取量全体の56%を占めていた。モリブデン摂取の最も少なかったE地区でも110μg/日で、全体の66%を占めていて、両地区とも1日のモリブデン摂取の半分が主食の米などの穀類に依存していることが明らかになった。両地区ともついで豆類からのモリブデン摂取割合が高かったが

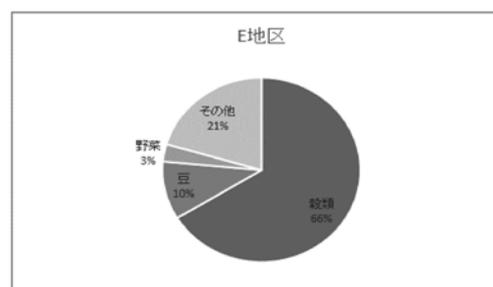


図5. 食品群別モリブデン摂取割合

C地区では81μg/日で全体の26%を占めていたのに対して、E地区では24μg/日、10%で、穀類からの摂取よりも豆類からのモリブデン摂取量の地区差のほうが大きく、有意性が認められた(p<0.05)。食事票に記載された献立内容だけでなく食生活アンケートの回答からも両地区とも米飯を主食とした朝・昼・夕食の3食をしっかりと取る習慣を持っていることが明らかであり、穀類摂取には際立った違いがみられなかった。一方、豆類の摂取については、C地区では大豆が主力農産物の一つであり、多種類の大豆が栽培されている。豆類は乾物にすると保存

性も高いことから、E地区に比べてC地区では常に身近な食材として摂取する機会が多く、その結果、C地区のモリブデン摂取量が多かったものと考えられ、C地区とE地区の間で差を生んだ要因の1つに考えられる。1日のモリブデン摂取量と食品群別摂取量との相関関係の検討からも、モリブデン摂取量は豆類摂取量 ($r=0.50, p<0.01$)、穀類摂取量 ($r=0.41, p<0.01$) と有意の正相関を示し、従来の知見同様^{12,13)}、これらの食品がモリブデンの主な供給源であることが裏付けられた。

食品成分表を用いて計算されたモリブデン摂取量(計算値)とICP-MSにより分析されたモリブデンの実測値との関係をE地区19名の比較により検討した。1検体で計算値(278 $\mu\text{g}/\text{日}$)と実測値(473 $\mu\text{g}/\text{日}$)とが著しく乖離した以外は計算値と実測値は近似しており、両者のあいだには有意の正相関が認められた($r=0.804, p<0.01$)(図6)。全体的に実測値の方が計算値より高い傾向を示した。計算値と実測値に大きな差が見られた対象者では穀類、豆類の摂取が多く、栄養的にはたんぱく質の充足率が160%と過剰摂取の状況を示していた。モリブデンの実測値473 $\mu\text{g}/\text{日}$ は穀類、豆類を多量摂取した結果を反映しており妥当と思われるが、計算値と実測値で約200 μg 近く当該対象者でのみ大きな差がみられた理由は明らかでなく、食事票の再確認や食品成分表からの読み替えなどについて詳細に検討し、乖離の原因を追究したい。

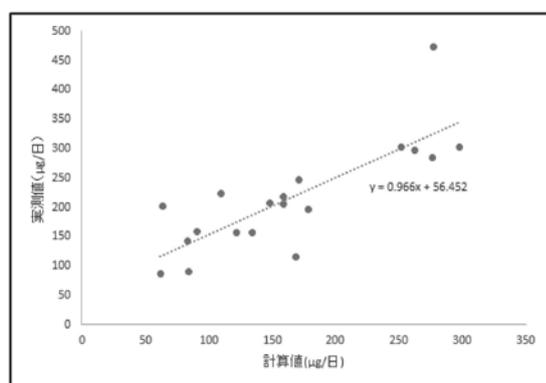


図6. モリブデン摂取量の計算値と実測値の関係

モリブデン摂取量に関する調査・研究は少なく、現在活用できる情報は限られている。日本人の食事摂取基準(2015年版)⁹⁾では過剰摂取の回避の指標である耐容上限量は一般成人についてのみ設定されていて、乳児や妊婦など異なるライフステージでの指標値は有効な情報が全く存在しないため設定が見送られている。今後、モリブデンを始め、微量元素の栄養価値や生体機能がさらに明らかになればサプリメントなどへの応用が増え、モリブデンの過剰摂取が起きる可能性が懸念される。日本人では穀類や豆類の摂取が多いため1日のモリブデン摂取

量が多い傾向がある。含有食品を豊富に使用した献立実験ではモリブデン摂取量は容易に300 $\mu\text{g}/\text{日}$ を超えるとの指摘がある¹⁶⁾。今回の食事調査の結果からも3食を規則正しく取り、その主食に米飯を食べる典型的な日本食の形態を有する対象者では穀類や豆類の摂取量が多く、それらの食品を供給源とした1日のモリブデン摂取量は200 $\mu\text{g}/\text{日}$ を超える場合が多い実態が明らかになった。これを過剰摂取と考えるよりも日本人では正常摂取の上限が現在の設定よりも高値であると理解した方が妥当と考えられる。耐容上限量の設定には通常の食事で摂取されるモリブデン量の実態の把握がさらに必要であり、また、サプリメントなどの摂取で増加する量との関連について、様々な角度から検討が必要となる。今回の調査結果をさらに地域の食生活・食習慣、健康データと関連させて総合的に検討し、モリブデンをはじめ微量元素の日常の食生活での摂取状況について基礎的情報の発信に努めるとともに、地域住民の健康管理に役立てていきたい。

4. まとめ

岩手県内の地域住民116名を対象とした陰膳実測法による食事調査でミネラルや微量元素類の1日の摂取量の実態を明らかにした。今回はモリブデンについて検討した結果を報告する。

- 1) 対象者の食事中的ミネラル・微量元素はクロムを除き、「日本人の食事摂取基準 2015」の推定平均必要量より多い摂取状況を示し、摂取不足は認められなかった。
- 2) 116名の対象者の食事からのモリブデン摂取量は平均214 \pm 88 $\mu\text{g}/\text{日}$ であった。
- 3) モリブデン摂取量は豆類摂取量 ($r=0.50, p<0.01$)、穀類摂取量 ($r=0.41, p<0.01$) と有意の正相関が認められ、これらの食品がモリブデンの主な供給源であることが裏付けられた。
- 4) 食事票から算定されたモリブデン摂取量の計算値と食事試料を分析した実測値とは強い正の相関を示した ($r=0.804, p<0.01$)。

謝辞

本研究に際し、陰膳食事調査にご協力をいただいた地域の皆様に深く御礼申し上げます。

調査の説明会や報告会の開催などにあたり多大なご協力をいただきました岩手県厚生農業協同組合連合会(JA岩手県厚生連)に心より御礼申し上げます。

本研究は平成23年度文部科学省科学研究補助事業及び平成26年度文部科学省科学研究補助事業より助成金を受けて実施されたものです。

参考文献

- 1) 厚生労働省「日本人の食事摂取基準」策定検討会報告書：日本人の食事摂取基準「2015年版」，第一出版，東京，2014.
- 2) 文部科学省科学技術・学術審議会資源調査分科会編：日本食品標準成分表 2010，全国官報販売協同組合，東京，2010.
- 3) 千葉啓子，猿渡英之，中塚晴夫，立身政信，渡邊孝男，三陸沿岸漁業地域住民の1日のヨウ素摂取量，岩手県立大学盛岡短期大学部研究論集，Vol.19, pp.9-15, 2017.
- 4) 千葉啓子，第66回日本栄養・食糧学会大会シンポジウム6「食物摂取を介した環境由来化学物質の摂取とその健康リスク 3.陰膳実測法からみたミネラル，微量元素等の摂取状況」，第66回日本栄養・食糧学会大会講演要旨集 p.59, 2012.
- 5) 千葉啓子，猿渡英之，中塚晴夫，渡邊孝男，食事試料の硝酸分解法の改良に関する報告，岩手県立大学盛岡短期大学部研究論集第19号，pp.25-28, 2017.
- 6) Vincent JB., Recent advances in the nutritional biochemistry of trivalent chromium. *Proc Nutr Soc*, 63, pp.41-47, 2004.
- 7) Fleming CR., Trace element metabolism in adult patients requiring total parenteral nutrition. *Am J Clin Nutr*, 49, pp.573-579, 1989.
- 8) 加藤友紀，大塚礼，今井具子他，地域在住中高年の微量ミネラルおよびビオチンの摂取量，*栄食誌*，65, pp.21-28, 2012.
- 9) 吉田宗弘，児島未希奈，三由亜耶他，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と実測値との比較，*微量栄養素研究*，28, pp.27-31, 2011.
- 10) Rajagopalan KV. Molybdenum: an essential trace element in human nutrition, *Ann Rev Nutr*, 8, pp.401-427, 1988.
- 11) Abumrad NN, Schneider WR, Steel D, et al., Amino acid intolerance prolonged total parenteral nutrition reversed by molybdate therapy, *Am J Clin Nutr*, 34, pp.2551-2559, 1981.
- 12) Hattori H, Ashida A, Ito 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*. 50, pp.404-409, 2004.
- 13) Yoshida M, Ôgi N, Iwashita Y, Estimation of mineral and trace element intake in vegans living in Japan by chemical analysis of duplicate diets, *Health*, 3, pp.672-676, 2011.
- 14) 吉田宗弘，食品中の微量元素-必須元素から放射性核種まで-，第5章 マンガン，ヨウ素，セレン，クロム，モリブデン，pp.52-67, 2013.
- 15) Tipton, I.H., Stewart, P.L., and Martin, P.G., Trace elements in diet and excreta, *Health Phys.*, 12, pp.1683-1689, 1966.
- 16) Yoshida M, Hattori H, Ota S, et al., Molybdenum balance in healthy young Japanese women, *J Trace Elem Biol* 20, pp.245-252, 2006.