

平成 21 年度厚生労働省科学研究費補助金（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を改定するためのエビデンスの構築に関する研究

－ 微量栄養素と多量栄養素摂取量のバランスの解明 －

主任研究者 柴田 克己 滋賀県立大学 教授

Ⅲ. 分担研究者の報告書

2. 実測にもとづく菜食主義者の微量ミネラル摂取量

分担研究者 吉田 宗弘 関西大学 教授

研究要旨

ビーガンと呼ばれる厳格な菜食主義者では複数のミネラルの摂取に過不足の生じていることが指摘されている。実際にビーガンの食生活を実践している女性 3 名（対象者 A～C）3 日分の献立を収集してカルシウムと微量ミネラルの摂取量を実測し、日本の厳格な菜食主義者のミネラル摂取状況の評価を試みた。3 名の女性の 1 日あたりカルシウムおよび微量ミネラル摂取量は、対象者 A が、カルシウム 217 mg、鉄 11.6 mg、亜鉛 9.2 mg、銅 1.28 mg、マンガン 8.4 mg、セレン 15 μ g、モリブデン 108 μ g、対象者 B が、カルシウム 377 mg、鉄 10.4 mg、亜鉛 6.8 mg、銅 1.28 mg、マンガン 5.4 mg、セレン 35 μ g、モリブデン 90 μ g、対象者 C が、カルシウム 408 mg、鉄 14.5 mg、亜鉛 9.3 mg、銅 2.20 mg、マンガン 8.4 mg、セレン 38 μ g、モリブデン 187 μ g だった。厳格な菜食主義者では、カルシウムとセレンの摂取不足がきわだっており、栄養的な指導が必要である。

A. 目的

一般にベジタリアンと呼ばれる菜食主義者とは、「動物性食品を避け、穀物、豆類、種実類、野菜、果物などの植物性食品を中心に摂取する人々」と定義されている。この考え方の発祥は、紀元前6世紀の古代ギリシアの哲学者ピタゴラスの時代にまで遡ることができる。ピタゴラスは、弟子たちに肉食を減らすことが自然で健康的な食事法であると説いたため、菜食主義の祖とされている。今日では、健康維持以外に、畜産業に対する倫理観や穢れなども、菜食主義を選択する理由として挙げられており、国内外を問わず、これを実践する人は増加傾向にある。

菜食主義といっても、その水準は一様でない。もっとも厳格なのは、動物性のもは乳製品や卵であってもいっさい口にしないというもので、ビーガンと称される。これに対して、主に栄養学的な理由で、一部の動物性食品に対して寛容な菜食主義も存在している。このような寛容な菜食主義では、乳製品、卵、さらには魚介類の摂取も許容しており、ラクトベジタリアン、オボベジタリアンなどの呼称も存在する。

このような寛容な菜食主義が存在するのは、ビーガンと称される厳格な菜食主義に対して、一部の微量栄養素の摂取が明らかに不足しているという、栄養学上の問題点が指摘されるためである。日本においてビーガンのような厳格な菜食主義を実践する場合を想定してみよう。平成17年度国民健康・栄養調査成績によれば¹⁾、日本人は、総エネルギー摂取(1903 kcal)の76.3%を植物性食品から摂取しているのに対して、タンパク質は総摂取量(71.1 g)の53.5%(38.1 g)を植物性食品に依存しているに過ぎ

ない。タンパク質の推奨量が50~60 gであることを考慮すると、このことは、エネルギー摂取量の動物性食品相当分(約500 kcal)を植物性食品でカバーしようとする、100 kcalあたりで4 g以上のタンパク質を含有する高タンパク質の植物性食品(たとえば大豆や小麦グルテン製品)を主菜に据えなければいけないことを意味している。しかし、現実問題として、常に、大豆や小麦グルテンを主菜にすることは難しい。そこで、野菜やイモ類のみで副食を作成した場合は、主食である穀物(調理前の状態で100 kcalあたり2~3 gのタンパク質含量)の摂取を副食よりも増やすことによってタンパク質不足を解消しなければならない。

このようにしてエネルギーとタンパク質の問題をクリアした場合、微量栄養素の摂取量に歪みが生じることになる。微量ミネラルの場合を、平成17年度国民健康・栄養調査成績¹⁾やいくつかの報告^{2,4)}をもとに検討してみる。食事摂取基準が対象とする8種の微量ミネラル中で、情報のほとんどないクロムとヨウ素を除く6種の微量ミネラルについて、植物性食品への依存割合を算定すると以下のようなになる。鉄、73.8%；亜鉛、58.2%；銅、81.6%；マンガン、97%；セレン、25%；モリブデン、89%。このことは、大豆や小麦グルテン製品の積極利用や、穀物摂取割合の増加によってエネルギーとタンパク質摂取をクリアした場合に、亜鉛とセレンの摂取不足とマンガンとモリブデンの大量摂取が引き起こされることを想起させる。実際、ビーガンにおける亜鉛とセレンの摂取不足が報告されている⁵⁻⁸⁾。

上記6種の微量ミネラル中、セレンとモリブデンは食品成分表に記載がない。また、記載の

ある鉄など4種に関しても、同一食品内での濃度変動の大きさが想定され、成分表を用いた計算による摂取量評価が現実を反映しているか疑念がある。以上より、本研究では、実際にビーガンの食生活を実践している人の献立を収集して微量ミネラルの摂取量を実測し、微量ミネラル摂取状況の評価を試みた。あわせてカルシウムの摂取についても評価した。

B. 方法

1. 試料の収集

NPO 法人日本ベジタリアン協会を介して、3名の女性ビーガン（以下、対象者 A, B, C とする）から、それぞれ3日分の全献立（合計9献立）を提供してもらい、試料とした。

2. 分析

献立1日分ごとに凍結乾燥し、ミルで細粉化した。細粉化した試料1gを濃硝酸10mLと過塩素酸2mLを用いて湿式灰化し、灰化溶液を蒸留水で10mLにメスアップした溶液中のセレンとモリブデンを誘導結合質量分析(ICPMS)により定量した。ICPMSにおけるセレンとモリブデンの分析質量数は、セレンが82, モリブデンが95, 97, 98である。モリブデンに関しては3つの質量数から得られた数値を平均し、分析値とした。またこれとは別に、細粉化試料1gに濃硝酸5mLを加えて、アルミブロック中100°Cで不溶物がなくなるまで加熱した。得られた灰化液を蒸留水で25mLにメスアップした溶液中のカルシウム、鉄、亜鉛、銅、マンガンをフレイム式原子吸光法で分析した。

乾燥細粉化試料中のタンパク質、脂質、エネルギー量の分析については、(財)日本食品分析センターに委託した。

得られたエネルギーと栄養素の分析値に試料重量を乗じ、献立1日当たりの摂取量を算出した。

C. 結果

表1に、収集した献立から摂取できる1日当たりのエネルギー量、タンパク質、脂質量と献立の脂肪エネルギー比をまとめた。エネルギー摂取量は、いずれの対象者も、食事摂取基準2010年版に記載されている推定エネルギー必要量および国民健康・栄養調査で示されている同世代の女性の摂取量中央値に近接していた。タンパク質摂取量は、いずれも食事摂取基準における推奨量を上回っていたが、3名中2名は同世代女性の中央値をかなり下回っていた。脂肪エネルギー比は三者三様であり、対象者Aが23%、Bが32%、Cが29%だった。

表2と3に、収集した献立から摂取できる1日当たりのカルシウムと微量ミネラル量をまとめた。カルシウム摂取量は、3名ともにすべての献立が食事摂取基準の推定平均必要量、および同世代女性の摂取量中央値を下回っていた。これに対して、鉄の摂取量は、すべての対象者において、同世代女性の摂取量中央値を凌いでおり、推奨量に近いが、これを上回っていた。亜鉛の摂取量は、対象者ごとに変動があり、対象者AとCは摂取基準の推奨量にほぼ匹敵したが、対象者Bでは推定平均必要量と同世代女性の摂取量中央値を下回った。銅とマンガンの摂取量は、いずれも推奨量、および同世代女性の摂取量を上回っていた。セレンの摂取量は、いずれも日本人の平均的な摂取量を大きく下回っており、とくに対象者Aは3日間とも推定平均必要量を下回っていた。モリブデンは、い

ずれも推奨量を大きく上回る摂取量だったが、日本人の平均的な摂取量を下回っていた。

D. 考察

考察では、まず対象者ごとに、エネルギー、主要栄養素、カルシウム、鉄、亜鉛、銅摂取量を検討し、その後、マンガン、セレン、モリブデンについて、全献立を総括した形式で検討する。

今回測定した献立はわずか3名から提供されたものであるが、それぞれが特徴的な内容であり、ビーガンの献立を栄養学的に考えるに十分な情報を有していると判断する。

対象者Aの献立は、玄米を主体とし、ミカンとバナナ、少量の副食として大豆製品や野菜が加わったものであった。個々の食材の重量は厳密には測定していないが、摂取エネルギーの8割近く（約1500 kcal）が玄米に由来すると推定できるものだった。食品成分表にもとづいて算定すると、玄米1500 kcal分を摂取した場合、タンパク質、カルシウム、鉄、亜鉛、銅は、それぞれ、29.1 g, 39 mg, 8.9 mg, 7.7 mg, 1.16 mg 摂取できることになる。タンパク質の摂取量が52.5 gであったことから、副食の中心であった大豆製品から20 g程度のタンパク質を補った計算になる。20 gのタンパク質摂取に必要な大豆量はもとの豆で50~60 gであり、摂取できるカルシウムと鉄は、成分表にもとづいて算定すると、それぞれ130 mgと1.8 mgである。以上より、対象者Aの、一見、アンバランスなカルシウム、鉄、亜鉛、銅の1日摂取量（それぞれ、217, 11.6, 9.2, 1.28 mg）は、この玄米大量摂取+少量の大豆製品という献立を十分反映したものであり、タンパク質摂取を高タンパク質

の植物性食品ではなく、主食の穀物に依存した場合の事例に相当するといえる。

対象者Bは、3日間9食中、玄米主食が5食、小麦製品主食が3食、雑穀主食が1食であった。一方、副食は、毎食、多様な植物性食品を様々な方法で調理したものであった。このような多様な食品を摂取した結果、カルシウム摂取は対象者Aよりも増加したが、亜鉛摂取量は逆に減少したといえる。脂肪エネルギー比が平均で30%を超えることになったのは、調理を工夫するさいに植物油を使用する頻度が高いためといえる。この事例は、菜食主義といえども、脂肪の過剰摂取が起こりうるということを示している。

対象者Cは、栄養士の資格をもった女性であり、主食と副食をバランスよく配置するなど、献立にも工夫が認められた。このため、カルシウムも同世代の女性と遜色ない摂取量に到達しており、鉄、亜鉛、銅の摂取量は十二分だった。

以上、カルシウム、鉄、亜鉛、銅の摂取量をまとめると、ビーガンの献立は、玄米、小麦製品、大豆製品を中心に食するため、カルシウム不足は避けられないが、鉄、亜鉛、銅に関しては、非菜食主義者を上回り、推奨量を超える摂取も十分に達成できる内容になるといえる。

マンガンの摂取量は、予想通り、日本人の平均的な摂取量を大きく超えるものだった。ただし、その量は最高でも10.4 mg/日であり、耐容上限量（11 mg/日）を超えなかった。米国では菜食主義者のマンガンの摂取量が20 mg/日近くになるという報告もあるが⁹⁾、エネルギー摂取量が米国人よりも少ない日本人菜食主義者では10 mg/日を超える日が散発的に出現する程

度と思われ、過剰摂取の域に到達することはないと判断できる。

セレンの摂取量はいずれも日本人の平均的な摂取量を大きく下回り、50 µg/日を超えることはなかった。日本の菜食主義者集団において、血清セレン濃度が低下しているという報告⁸⁾を裏付けるものといえる。なかでも、玄米多食の対象者Aでは3日とも推定平均必要量を下回っていた。副食の少ない献立であったことが影響したものと思われる。セレン欠乏症として知られる中国克山病は、推定セレン摂取量12 µg/日に全般的な栄養不良やウイルス感染が重層したことにより発生したと考えられており¹⁰⁾、15 µg/日前後の低セレン摂取量の継続がただちにセレン欠乏に起因する健康障害を引き起こすわけではない。しかし、低セレン摂取状態の継続は、がんをはじめとするいくつかの生活習慣病の発生リスクを高めるといわれていることから¹¹⁾、放置することは好ましくないといえる。対象者BおよびCも含めて、厳格な菜食主義者であるビーガンに対しては、セレン摂取を増やすための栄養指導が必要と思われる。その場合、高セレン含量の米国産硬質小麦、あるいは米国中南部産大豆に由来する製品¹²⁾を食材として用いるのが適切ではないかと判断する。

モリブデンの摂取は、対象者Cが日本人の平均的な摂取量に近接し、他の2名はこれを下回った。モリブデンの供給源は穀物と大豆であることから⁴⁾、菜食主義者では平均的な日本人よりも高い摂取量になると予想された。実際、ドイツでは、菜食主義者のモリブデン摂取量が一般人よりも高いとする報告が提出されている¹³⁾。食品のモリブデン含量には著しい地域差が認められる¹⁴⁾。したがって、今回の菜食主義者

のモリブデン摂取が予想外に少なかったのは、摂取していた穀物や大豆製品のモリブデン濃度が文献値よりも低いことに起因するのかもしれない。ただし、いずれにしてもモリブデン摂取量は、推奨値を超え、耐容上限量には相当余裕のある範囲であるので、問題はまったくないといえる。

以上、ビーガン3名3日分の9献立の分析から判断できることは、日本のビーガンの献立は、カルシウムとセレンの不足が際立つが、鉄と銅の摂取が十分であり、亜鉛の摂取も非菜食主義者に匹敵するという事実だった。乳製品もしくは卵を摂取するラクトベジタリアンやオボベジタリアン、および少量の動物性食品の摂取を許容する"セミベジタリアン"では、カルシウムの摂取も十分であることが確認されている¹⁵⁾。セレンは魚介類に豊富に含まれていることもあわせると¹⁶⁾、ビーガンにおけるカルシウムとセレンの摂取不足を解消するには、栄養学的見地から一部の動物性食品の摂取に寛容になるように要請するのが第一選択と思う。これが受け入れられない場合には、不足の可能性のあるミネラルを高濃度に含有する植物性食品を具体的に提示することが必要となるだろう。

E. 健康危機情報

特記する情報なし

F. 研究発表

1. 発表論文

なし

2. 学会発表

吉田宗弘, 岩下裕紀. 実測にもとづく菜食主義者のカルシウムと微量ミネラル摂取量の評

価. 第 27 回日本微量栄養素学会, 京都, 2010 (予定) .

G. 知的財産権の出願・登録状況 (予定を含む)

1. 特許予定

なし

2. 実用新案特許

なし

3. その他

なし

H. 引用文献

1. 健康・栄養情報研究会編. 国民健康・栄養の現状 - 平成 17 年厚生労働省国民健康・栄養調査報告より -. 第一出版, 東京 (2008).

2. 鈴木泰夫. マンガン. ミネラル・微量元素の栄養学 (鈴木継美, 和田攻編), 第一出版, 東京 (1994) 469-481.

3. 吉田宗弘. 微量元素 (2) 日本人はセレン摂取を増やすべきか. *臨床栄養* (2007) 111, 598-599.

4. Hattori H, Ashida A, Itô C, Yoshida M. 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, 404-409.

5. Kadřabová J, Madaric A, Kováčiková Z, Ginter E. Selenium status, plasma zinc, copper, and magnesium in vegetarians. *Biol Trace Elem Res* (1995) 50, 13-24.

6. Judd PA, Long A, Butcher M, Caygill CP, Diplock AT. Vegetarians and vegans may be most at risk from low selenium intakes. *BMJ*

(1997) 314, 1834.

7. Bortoli MC, Cozzolino SMF. Zinc and selenium nutritional status in vegetarians. *Biol Trace Elem Res* (2009) 127, 228-233.

8. 小切間美保, 田川尚美, 東福祐子, 佐々木公子, 樋口寿, 井奥加奈, 梶原苗美, 岡田真理子, 奥田豊子. 45 日間菜食療法実施者の血清セレン・亜鉛濃度と関連する因子. *微量栄養素研究* (2004) 21, 93-96.

9. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). *Toxicological Profile for Manganese* (1992), 205-88.

10. Beck MA, Levander OA, Handy J. Selenium deficiency and viral infection. *J Nutr* (2003) 133, 1463-67.

11. Etminan M, FitzGerald JM, Gleave M, Chambers K. Intake of selenium in the prevention of prostate cancer: a systematic review and meta-analysis. *Cancer Causes Control* (2005) 16, 1125-31.

12. 吉田宗弘, 安藤達彦, 館博. セレンの機能とセレン含量測定の意義. *食品と開発* (1995) 30 (10), 41-45.

13. Holzinger S, Anke M, Röhrig B, Gonzalez D. Molybdenum intake of adults in Germany and Mexico. *Analyst* (1998) 447-50.

14. 吉田宗弘, 三木篤史. 大豆に含有されるモリブデンの濃度と化学形態. *微量栄養素研究* (2005) 22, 13-17.

15. 仲本桂子, 渡邊早苗, 工藤秀樹, 田中明. 日本人中高年菜食者の栄養状態の特徴. *Vegetarian Research* (2008) 9, 7-16.

16. 吉田宗弘. 日本人のセレン摂取と血中セレン濃度. *栄食誌* (1992) 45, 485-94.

表1 収集したビーガンの献立から摂取できるエネルギー、タンパク質、および脂質量

試料	エネルギー (kcal/日)	タンパク質 (g/日)	脂肪 (g/日)	脂肪エネルギー比 (%)
A 1日目	1840	43.3	41.7	20.4
2日目	2497	61.2	72.4	26.1
3日目	1752	52.9	42.6	21.9
平均	2030	52.5	52.2	22.8
B 1日目	1957	65.1	92.0	42.3
2日目	1825	47.3	60.4	29.8
3日目	1447	46.9	40.2	25.0
平均	1743	53.1	64.2	32.4
C 1日目	1835	69.9	61.0	29.9
2日目	1599	51.2	43.0	24.2
3日目	1579	77.9	55.4	31.6
平均	1671	66.3	53.1	28.6
国民健康栄養調査*	1703	64.0	52.3	27.6
食事摂取基準**				
推定平均必要量	1750	40	-	-
推奨量	-	50	-	-
目標量	-	-	-	20~25

* 平成17年度国民健康・栄養調査成績における30~49歳女性の摂取量の中央値

** 食事摂取基準(2010年版)における30~49歳女性に対する数値。エネルギーは推定エネルギー必要量(身体活動レベルI)。

表2 収集したビーガンの献立から摂取できるカルシウム, 鉄, 亜鉛, および銅量

試料	カルシウム (mg/日)	鉄 (mg/日)	亜鉛 (mg/日)	銅 (mg/日)
A 1日目	161	10.4	9.0	1.12
2日目	283	13.5	11.5	1.74
3日目	208	11.0	7.0	0.99
平均	217	11.6	9.2	1.28
B 1日目	400	14.8	7.8	1.36
2日目	403	9.3	6.4	1.44
3日目	329	7.0	6.1	1.04
平均	377	10.4	6.8	1.28
C 1日目	429	16.8	10.1	2.58
2日目	237	11.9	8.2	1.71
3日目	557	14.8	9.5	2.32
平均	408	14.5	9.3	2.20
国民健康栄養調査*	445	6.9	7.3	1.01
食事摂取基準**				
推定平均必要量	550	9.0	8	0.6
推奨量	650	11.0	9	0.7
耐容上限量	2300	40	35	10

* 平成17年度国民健康・栄養調査成績における30～49歳女性の摂取量の中央値

** 食事摂取基準(2010年版)における30～49歳女性に対する数値.

表3 収集したビーガンの献立から摂取できるマンガン、セレン、およびモリブデン量

試料	マンガン (mg/日)	セレン (μ g/日)	モリブデン (μ g/日)
A 1日目	9.2	15	106
2日目	10.4	12	130
3日目	5.5	19	87
平均	8.4	15	108
B 1日目	6.5	45	92
2日目	5.2	37	96
3日目	4.5	23	83
平均	5.4	35	90
C 1日目	8.2	35	142
2日目	7.7	31	202
3日目	9.4	48	217
平均	8.4	38	187
平均的な摂取量*	3.8 ²⁾	約 100 ³⁾	225 ⁴⁾
食事摂取基準**			
推定平均必要量	-	20	20
推奨量	-	25	25
目安量	3.5	-	-
耐容上限量	11	230	500

* 文献2) ~4) に記載の数値.

** 食事摂取基準 (2010年版) における30~49歳女性に対する数値.