

## 兵庫県都市部在住の乳幼児に対する自家製離乳食のミネラル含有量の評価

吉田 宗 弘, 増田 卓 也, 高橋 健 哉, 福永 健 治

(関西大学化学生命工学部食品工学研究室)\*

**Evaluation of mineral contents in homemade baby foods prepared for infants and toddlers living in an urban area of Hyôgo Prefecture**

Munehiro YOSHIDA, Takuya MASUDA, Ken-ya TAKAHASHI, Kenji FUKUNAGA

*Laboratory of Food and Nutrition Sciences, Faculty of Chemistry, Materials and Bioengineering, Kansai University***Summary**

Twenty-five duplicate diet samples of homemade baby foods prepared for infants and toddlers aged 8 to 16 months were collected from their mothers living in an urban area of Hyôgo Prefecture in Japan and their mineral (sodium, potassium, calcium, magnesium, phosphorus, iron, zinc, copper, manganese, iodine, selenium, chromium and molybdenum) contents were determined. Mineral contents obtained were expressed as values per 1000 kcal and compared with the adequate intake (AI) for infants aged 6 to 11 months or the estimated average requirement (EAR) for toddlers aged 1 to 2 years described in Dietary Reference Intakes for Japanese, 2010 (DRI-J).

All mineral contents in the homemade baby foods were almost met the reference values in DRI-J. In particular, contents of magnesium, phosphorus, manganese, selenium, chromium and molybdenum in baby foods prepared for 6 to 11 months babies were markedly higher than the AI. Iodine contents in the baby foods were remarkably varied from near 0 to more than 1000 µg/1000 kcal. These results indicate that 1) mineral contents in the homemade baby foods collected fell within the suitable range, 2) intakes of magnesium, phosphorus, manganese, selenium, chromium and molybdenum increase with the progress of weaning, and 3) an intermittent high iodine intake is important to satisfy the iodine requirement in infants and toddlers.

わが国の食事摂取基準では、6か月未満乳児に対して、母乳中のミネラル含有量と哺乳量の積にもとづいてミネラルの目安量を設定している<sup>1)</sup>。一方、6か月以降乳児に対しては、6か月未満乳児に対する目安量を体重比の0.75乗で外挿することによって目安量を設定している。この設定法はミネラル以外の栄養素も同様である。つまり6か月以降乳児の目安量は生後1年間母乳のみを摂取する場合を想定したものといえる。

しかし、現実には多くの乳児が生後6か月以降に離乳食を摂取しており、現行の目安量がこの時期の乳児の栄養素摂取量を反映しているかは不明である。たとえば、離乳食と母乳との間で含有量が大きく異なる栄養素では、離乳食の導入に伴ってその摂取状況が大きく変化するため、目安量と現実の摂取量との間に大きな差が生じることになる。目安量は栄養素不足のリスクを予防するのに十二分な摂取量と考えられるので、現実の摂取量が目安量を下回ったとしてもただちに問題になるわけではないが、目安量の数値がフォローアップミルクなどの調製に参照されていること

から、この時期の乳児の栄養素摂取量を調べることは必要といえよう。離乳食からの栄養素摂取量を調べた大規模な研究として中整らの調査がある<sup>2)</sup>。しかしこの調査は栄養素摂取量を五訂食品成分表から算定しているため、ヨウ素、セレン、クロム、モリブデンは対象とされていない。またその他のミネラル類についても調理に伴う損耗が指摘されていることから<sup>3,4)</sup>、実測によって離乳食からのミネラル摂取量の推定を行うことが必要と考える。

本研究では、兵庫県下の子育て支援施設を通して母親手作りの離乳食を収集し、そのミネラル含有量を測定することにより、離乳食からのミネラル摂取量の推定と評価を行った。

\*所在地：吹田市山手町3-3-35 (〒564-8680)

## 実験方法

### 1. 試料の収集

兵庫県阪神地域にある子育て支援施設の協力のもと、同施設を利用し、調査の趣旨を十分理解した母親25名（年齢  $30.4 \pm 3.8$  歳）から手作り離乳食1日分を収集した。対象とした乳幼児の月齢は8から16か月（平均  $\pm$  標準偏差： $10.9 \pm 2.6$  月）、男女の内訳は、男児14名、女児11名である。収集した離乳食は1日分すべてを凍結乾燥後、ミルで均一に粉碎した。

### 2. 主要栄養素の分析

たんぱく質濃度は、含有窒素をケルダール法で分析し、窒素係数6.25を用いて算出した。水分は105℃恒量法で測定した。灰分は550℃での乾式灰化法で測定した。脂質はジエチルエーテルを用いたソックスレー抽出法により測定した。たんぱく質、脂質、水分、灰分以外の成分は炭水化物とみなした。エネルギー量はアトウォーターのエネルギー換算係数を用いて算定した。

### 3. ミネラル類の分析<sup>5)</sup>

乾燥試料約1gを硝酸10mlと過塩素酸2mlを用いて灰化し、蒸留水で10mlにメスアップした。調製した試料溶液中の鉄、亜鉛、銅、マンガン原子吸光度計、セレンとモリブデンを誘導結合プラズマ質量分析器(ICPMS)、リンをバナドモリブデン酸吸光度法で定量した。

乾燥試料約500mgを電気炉中550℃で一晩灰化し、得られた残渣を0.1M硝酸5mlに溶解した。この試料溶液中のクロムをICPMSで定量した。

乾燥試料約400mgに0.1M塩酸50mlを加え、十分に振とうして含有されるナトリウム、カリウム、カルシウム、マグネシウムを抽出し、適宜希釈後、原子吸光度計を用いて定量した。

乾燥試料約200mgに0.5%テトラメチルアンモニウムヒドロキシドを40ml加え、室温で一晩放置した。さらに、60℃に5時間放置後、遠心と濾過を行い得られた抽出液中のヨウ素をICPMSで定量した。

なおICPMS分析においては、内部標準元素として、ヨウ素とセレンにはテルル、モリブデンとクロムにはロジウムを用いた。

## 結果と考察

Table 1に、収集した1日分の離乳食から摂取されるエネルギー、たんぱく質、および脂質量をまとめ、中絶らが行った全国調査の平均値<sup>2)</sup>と比較して示した。エネルギー、たんぱく質ともに月齢の増加とともに離乳食からの摂取量は増加した。エネルギーとたんぱく質の摂取量を中絶らの全国調査と比較した場合、12か月未満の対象者において明らかに低い値だった。このことは今回対象とした乳児の離乳食が全国平均よりもやや遅れていることを示している。

脂質エネルギー比は全対象者において、全国平均よりかなり低かった。つまり、今回収集した離乳食は、そのほとんどがかなりの低脂質食だったといえる。このような低脂質の離乳食が家庭で調製されているのは、世間一般に低脂質であることが健康の維持・増進にとって好ましい食事というイメージが浸透しているためと思われる。低脂質食は成人におけるメタボリックシンドローム対策において奨励されるものであり、成長期のように体重あたりのエネルギー必要量が高い場合に推奨すべきものではない。したがって、母親に対しては、乳幼児期には適度の脂質摂取が望ましいことを伝える必要があると思われる。

Table 2は、収集した離乳食に関して、エネルギー1000kcalあたりのたんぱく質とミネラルの含有量を8~11か月児と12~16か月児に分けて示したものである。脂質エネルギー比は月齢の高い対象者が高い値だったが、たんぱく質とミネラル含有量に関しては、セレンを除いて月齢による差を認めなかった。

今回の調査では、離乳食以外の母乳や調製乳の摂取量を正確に調べていないため、栄養素等の1日総摂取量を算定できない。そこで、離乳食のエネルギーあたりミネラル含有量をTable 2に併記したエネルギー1000kcalあたりに換算した食事摂取基準の数値と比較することにより評価を試みることにした。

**Table 1** Estimated intake of energy, protein and lipid from baby foods in subjects

Age (month)	Sex	Energy <sup>a)</sup> (kcal/d)	Protein <sup>a)</sup> (g/d)	Lipid <sup>a)</sup> (energy %)	Mean values in a nationwide survey <sup>b)</sup>		
					Energy (kcal)	Protein (g)	Lipid (energy %)
8	Male (n=6)	129 $\pm$ 59	5.9 $\pm$ 4.4	8.4 $\pm$ 4.5	252	9.5	18.7
	Female (n=1)	93	4.6	13.2			
9-11	Male (n=4)	321 $\pm$ 80	12.6 $\pm$ 2.8	7.9 $\pm$ 3.6	450	17.0	21.0
	Female (n=5)	231 $\pm$ 85	7.4 $\pm$ 4.0	8.0 $\pm$ 5.7			
12-16	Male (n=4)	606 $\pm$ 219	22.5 $\pm$ 7.9	13.5 $\pm$ 6.9	704	24.8	22.4
	Female (n=5)	623 $\pm$ 168	21.2 $\pm$ 5.0	14.2 $\pm$ 3.1			

<sup>a)</sup> Values are means  $\pm$  SD.

<sup>b)</sup> Values are quoted from the report by Nakano et al.<sup>2)</sup>; values of infants aged 9-11 months are mean of 9, 10 and 11 months; values of toddlers aged 12-16 months are mean of 12, 13-14, and 15-16 months.

6～11 か月児に関して、食事摂取基準の数値よりも明らかに大きな数値を与えたのは、マグネシウム、リン、マンガ、セレン、クロム、モリブデンだった。食事摂取基準における6～11 か月児の目安量の多くは母乳からの摂取を前提としていることから、算定値が目安量よりも大きいことは、離乳食の導入によって摂取が増加することを意味する。つまり、これらのミネラルは離乳食中濃度が母乳中濃度よりも高いため、離乳を進めることによって摂取量が増加するといえる。なお、算定値が目安量よりも小さければ離乳食導入によって摂取が低下することを意味するが、そのようなミネラルは存在しなかった。ところで、鉄はミネラルの中で唯一6～11 か月児に対して目安量ではなく推定平均必要量・推奨量が示されている。先にわれわれは、市販離乳食の鉄濃度がきわめて低いことから、フォローアップミルクを利用しないかぎり、この基準を充足させることは難しいことを指摘した<sup>6)</sup>。しかし、今回収集した離乳食の平均鉄濃度は推定平均必要量にほぼ一致しており、この時期の鉄需要を充足しうるものであった。他のミネラル濃度の平均値はいずれも食事摂取基準の目安量を上回っていたことから、今回収集した6から11 か月児の離乳食のミネラル含量は適正なもの判断できる。

12～16 か月児に関しても、カルシウムとリンを除いて、含有量の平均値は食事摂取基準の数値を超えていた。また、食塩の目標量である4 g/日未滿もほぼすべての離乳食が達成できていた。カルシウムとリンに関しても基準値との差がわずかであることを考えると、今回収集した

12から16 か月児の離乳食もそのミネラルの含有量はほぼバランスのとれたものといえる。

わが国の食事摂取基準では、セレンとヨウ素は乳幼児に対しても耐容上限量を設定している<sup>1)</sup>。これらの耐容上限量をエネルギーあたりに換算すると、セレン(1～2歳)は53 μg/1000 kcal、ヨウ素は370 μg/1000 kcal(6～11 か月)と263 μg/1000 kcal(1～2歳)となる。Table 2で明らかのように、セレンとヨウ素の離乳食中濃度の平均値はいずれもこれらの数値を上回っていた。ヨウ素に関しては別に考察するので、ここではセレンについて述べる。12～16 か月児が食していた離乳食(セレン濃度68 μg/1000 kcal)を2000 kcal摂取した場合、セレン摂取量は日本人成人の平均的摂取量<sup>7)</sup>よりも少し多い136 μg/日となる。このことは、今回収集した離乳食のセレン濃度は成人が日常的に食べる食事と大差ないことを示している。幼児に対するセレンの耐容上限量は成人の耐容上限量を体重比で外挿したものであるが<sup>1)</sup>、この方式で耐容上限量を設定すると、成人のセレン摂取量と耐容上限量との差が小さいため、体重あたりの食事が多い1～2歳児では普通の食事を摂取していてもセレン摂取量が耐容上限量を超える可能性が高くなる。成人のセレンの耐容上限量は糖尿病発生率の増加を考慮して設定されたものであり、高血圧予防を念頭においた食塩の目標量と同等の意味を持つものといえる。わが国において、食事性セレン中毒の報告は乳幼児を含めて皆無である。したがって、今回の結果は、幼児期のセレン過剰摂取に対する注意喚起ではなく、幼児期のセレンの耐容上

**Table 2** Mineral contents in homemade baby foods consumed by subjects

	Contents in baby food <sup>a)</sup>		DRIJ <sup>b)</sup>	
	Aged 8 to 11 months (n=16)	Aged 12 to 16 months (n=9)	AI for 9 to 11 months <sup>c)</sup>	EAR for 1 to 2 years <sup>d)</sup>
Energy (kcal/d)	206 ± 106	615 ± 179***	675	950
Protein (g/kcal)	38.1 ± 12.5	35.9 ± 3.7	37.0	15.4
Total lipid (energy%)	8.5 ± 4.5	13.9 ± 4.5**	40	20～30
Minerals				
Salt (g/1000 kcal)	2.7 ± 1.5	2.6 ± 0.7	2.2	< 4.2 <sup>e)</sup>
Potassium (g/1000 kcal)	1274 ± 400	1195 ± 318	1037	895 <sup>f)</sup>
Calcium (mg/1000 kcal)	435 ± 227	329 ± 121	370	368
Magnesium (mg/1000 kcal)	189 ± 52	178 ± 53	89	63
Phosphorus (mg/1000 kcal)	625 ± 221	595 ± 46	385	632 <sup>f)</sup>
Iron (mg/1000 kcal)	4.9 ± 2.1	5.6 ± 1.9	5.2 <sup>g)</sup>	3.2
Zinc (mg/1000 kcal)	4.8 ± 0.8	4.8 ± 1.1	4.4	4.2
Copper (mg/1000 kcal)	0.8 ± 0.2	0.8 ± 0.2	0.4	0.2
Manganese (mg/1000 kcal)	2.1 ± 0.5	2.0 ± 0.6	0.7	1.6 <sup>f)</sup>
Iodine (μg/1000 kcal)	436 ± 721	283 ± 418	193	37
Selenium (μg/1000 kcal)	92 ± 31	68 ± 11*	22	11
Chromium (μg/1000 kcal)	13 ± 6	14 ± 5	1.5	—
Molybdenum (μg/1000 kcal)	257 ± 132	194 ± 121	4	—

<sup>a)</sup> Values are means ± SD. Significant difference was observed between aged 8 to 11 and 12 to 16 months at  $p < 0.05$  (\*),  $p < 0.01$  (\*\*) or  $p < 0.001$  (\*\*\*).

<sup>b)</sup> Values are calculated from estimated energy intakes and reference values of protein and mineral in Dietary Reference Intakes for Japanese, 2010 and expressed as means of values for male and female.

<sup>c)</sup> Adequate intake for infants aged 6 to 11 months.

<sup>d)</sup> Estimated average requirement for toddlers aged 1 to 2 years.

<sup>e)</sup> Tentative dietary goal for preventing life-style related diseases.

<sup>f)</sup> Adequate intake.

<sup>g)</sup> Estimated average requirement.

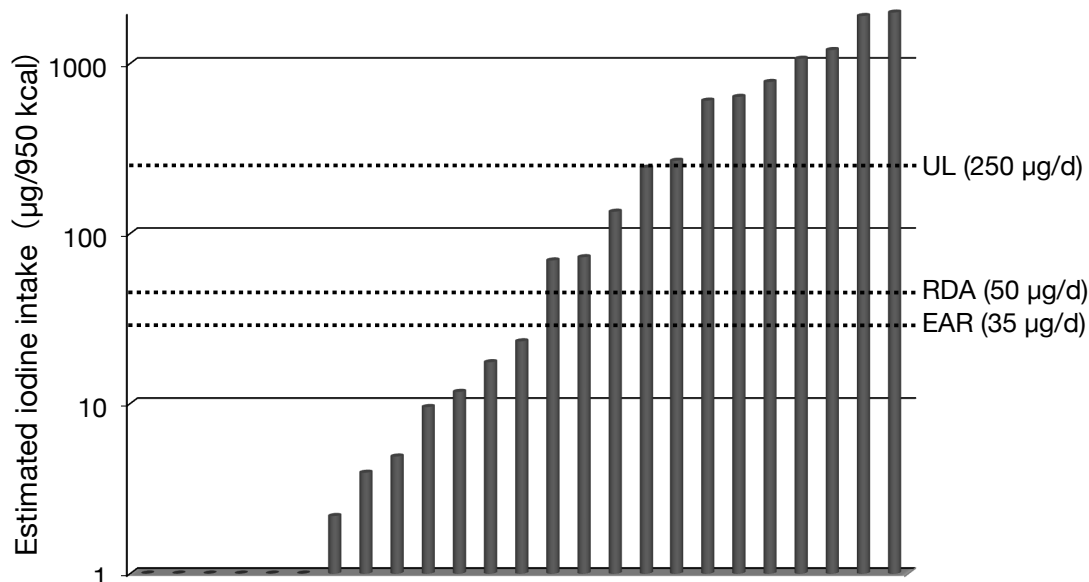


Fig. 1 Estimated iodine intake in consuming each baby food at 950 kcal

限量の再考が必要なることを意味すると思われる。

ヨウ素含有量は月齢やエネルギー含有量と無関係に大きな変動を示した。Fig. 1は、収集離乳食を1～2歳児の推定エネルギー必要量相当（男女平均で950 kcal/日）摂取した場合のヨウ素の摂取量を算定し、個人ごとに表示したものである。25食中、1～2歳児のヨウ素の推定平均必要量（EAR）である35 µg/日を充足できないものが13食あり、うち6食ではヨウ素を検出できなかった。逆に、1～2歳児のヨウ素の耐容上限量（UL）である250 µg/日を超えるものも8食あった。つまり、ヨウ素では、推奨量（RDA）と耐容上限量との間の摂取量を与えるものは25食中4食しかなかった。われわれは、このようなヨウ素濃度の大きな変動を市販離乳食においても認めている<sup>8)</sup>。これらのことは、幼児においても、献立中のヨウ素含有量は大きく変動しており、耐容上限量を超える高ヨウ素含有量の食事を間欠的に摂取することによって必要なヨウ素を確保していることを意味している。乳幼児期の高ヨウ素摂取は間欠的であっても甲状腺機能低下を起こす可能性があるので注意すべきだという指摘<sup>9)</sup>もあるが、間欠的高摂取は幼児の適切なヨウ素摂取にとって必要なものと考えられる。

なお、ヨウ素摂取量が高値（500 µg/d以上）である離乳食（5食）は、昆布出汁を使用した煮物または味噌汁、ヒジキが献立に含まれており、昆布またはヒジキがヨウ素の供給源であると推定された。これに対してヨウ素を検出できなかった6食は、野菜の煮物や野菜入りの雑炊などの出汁を使った献立を含んでいたが、いずれも洋風のコンソメスープや鰹出汁の使用であった。これらのことは、先に市販離乳食に関して報告したのと同様に<sup>8)</sup>、昆布出汁やヒジキを使用した場合には高ヨウ素濃度となるが、使用しなければ極端な低ヨウ素濃度になることを意味している。

今回収集した乳幼児の食事の中には同じ品目がいくつか存在した。今回の離乳食が低脂質、低食塩であり、かつ鉄

濃度が比較的高値であったことをあわせて考えると、育児支援ステーション内で母親同士が離乳食に関して情報交換を行い、工夫して離乳食を調製していると思われる。したがって、育児支援ステーションのような母親同士のコミュニケーションの場は、健全な育児にとってきわめて有用といえる。ただし、乳幼児に対して、極端な低脂質食を調製していることから、乳幼児の栄養素摂取に対して正しい助言を行えるような体制をとる必要があるといえる。

今回の検討は兵庫県都市部の特定地域のわずか25食を対象としたものである。したがって、今回の測定値が母親手作りの離乳食の代表的な数値とはいきれない。今後、より多くの食事を分析することによって値の信頼性を高める必要があると考えられる。

本研究は平成24年度関西大学大学院理工学研究科高度化推進研究費によるものである。

## 参考文献

- 1) 厚生労働省（2009）日本人の食事摂取基準 [2010年版]，第一出版，東京，p. 218-275.
- 2) 中埜 拓，加藤 健，小林直道，島谷雅治，石井恵子，瀧本秀美，戸谷誠之（2003）乳幼児の食生活に関する全国実態調査．離乳食および乳汁からの栄養素等の摂取状況について．小児保健研究 62：630-639.
- 3) 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．栄養誌 43：31-42.
- 4) 吉田宗弘，児島未希奈，三由亜耶，森田明美（2011）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．微量栄養素研究 28：27-31.
- 5) Yoshida M, Ôgi N, Iwashita Y (2011) Estimation of

- mineral and trace element intake in vegans living in Japan by chemical analysis of duplicate diets. Health 3:672-676.
- 6) 吉田宗弘, 乾 由衣子, 福永健治 (2009) 乳児における市販離乳食からの微量ミネラルの摂取. 微量栄養素研究 26 : 41-45.
  - 7) Yoshida M, Yasumoto K (1987) Selenium contents in rice grown at various sites of Japan. J Food Com Anal 1:71-75.
  - 8) 吉田宗弘, 野崎詩乃, 乾 由衣子 (2011) 市販離乳食からのヨウ素とクロムの摂取量の推定. 微量栄養素研究 28 : 79-83.
  - 9) Nishiyama S, Mikeda T, Okada T, Nakamura K, Kotani T, Hishinuma A (2004) Transient hypothyroidism or persistent hyperthyrotropinemia in neonates born to mothers with excessive iodine intake. Thyroid 14: 1077-1083.