

乳児における市販離乳食からの微量ミネラルの摂取

吉田 宗 弘, 乾 由衣子, 福 永 健 治

(関西大学化学生命工学部食品工学研究室*)

Intake of Trace Minerals from Commercial Baby Foods in Japanese Infants

Munehiro YOSHIDA, Yuiko INUI and Kenji FUKUNAGA

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

Summary

To estimate trace mineral intake in Japanese infants dependent to commercial baby foods and human milk, 53 commercial baby food samples (24 samples were for 7 or more mo baby and 29 samples were for 9 or more mo baby) were collected and their iron (Fe), zinc (Zn), copper (Cu), manganese (Mn), selenium (Se) and molybdenum (Mo) concentrations were determined by atomic absorption spectrometry (Fe, Zn, Cu and Mn) or inductively coupled plasma mass spectrometry (Se and Mo). Trace mineral concentrations in baby foods for 7 or more mo baby and 9 or more baby were as follows, respectively (mean \pm SD): Fe (mg/kcal), 2.36 ± 0.98 and 3.48 ± 3.21 ; Zn (mg/kcal), 2.00 ± 0.93 and 2.37 ± 1.12 ; Cu (mg/kcal), 0.44 ± 0.13 and 0.54 ± 0.31 ; Mn (mg/kcal), 1.03 ± 0.51 and 1.16 ± 0.49 ; Se (μ g/kcal), 22.9 ± 21.4 and 15.8 ± 9.1 ; Mo (μ g/kcal), 36.6 ± 29.4 and 36.0 ± 30.1 . Trace mineral intakes in 6 to 8 mo infants and 9 to 11 mo infants dependent to human milk and commercial baby foods were estimated to be as follows, respectively: Fe (mg/d) 0.66 and 1.76; Zn (mg/d), 1.44 and 1.89; Cu (mg/d), 0.29 and 0.41; Mn (mg/d), 0.17 and 0.64; Se (μ g/d), 14.1 and 14.9; Mo (μ g/d), 8.1 and 17.7.

わが国では、国民の健康の維持・増進、エネルギー・栄養素欠乏の予防などを目的として、エネルギーおよび各栄養素の摂取量の基準を示すために、食事摂取基準 (dietary reference intakes: DRIs) を策定している。この中で、乳児に対しては、一部を除いて、各栄養素の母乳中濃度をもとに摂取の目安量 (adequate intake: AI) を設定している¹⁾。これは、現在の日本の乳児において、栄養素摂取の不足・過剰に起因する顕著な健康障害が認められないという事実をふまえたものである。

生後5か月を経過すると、多くの乳児は母乳とともに離乳食を摂取し始める。したがって、生後6か月以降に関しては、母乳と離乳食からの栄養素摂取量にもとづいたAIの策定、もしくは1歳以降と同様に、推定平均必要量 (estimated average requirement: EAR) にもとづいて摂取の推奨量 (recommended dietary allowance: RDA) を設定するのが妥当である。しかし、微量ミネラルの場合、2010年版DRIsにおいても、6か月以降乳児に対しては、鉄がRDA、銅とマンガンが離乳食摂取を考慮したAIが設定され、その他に関しては依然として母乳中濃度にもとづいたAIが設定されている。これは、6か月以降乳児を対象とした、栄養素必要量に関する研究や栄養素摂取量調査が不十分で

あることに起因している。

ところで育児書においては、離乳食を生後5か月頃から開始し、生後6か月以降は1日5食と考え、6~8か月では5食中2食、9~11か月では5食中3食を離乳食として、12か月に離乳を完了することを基本としている。中埜らは、全国の乳児を対象に実施した調査において、7か月児と10か月児の離乳食からの平均エネルギー摂取量がそれぞれ173、および456 kcal/d、人工乳からの平均エネルギー摂取量がそれぞれ468、および313 kcal/dであることを示している²⁾。一方、平成17年度に厚生労働省が実施した乳幼児栄養実態調査においては、離乳食開始、および完了時期としてもっとも多かったのは、それぞれ生後5か月(47.5%)と生後12か月(47.9%)である³⁾。これらのことは、現実の乳児においてほぼ基本どおりに離乳が進行していることを示している。

最初にも述べたように、本格的に離乳食を開始した6か月以降乳児の食事摂取基準を策定するには、離乳食からの栄養素摂取量を明らかにすることが必要である。離乳食には、母親の手作りのものと、市販のものがある。平成17年度乳幼児栄養実態調査においては、市販の離乳食をよく使うという回答は28.0%、時々使うという回答は47.8%

*所在地：吹田市山手町 3-3-35 (〒564-8680)

であり³⁾、離乳食における市販品の地位は増大している。このことは、市販離乳食からの栄養素摂取量が6か月以降乳児の食事摂取基準策定において重要となっていることを意味している。本研究では、6か月以降乳児の栄養素摂取量の中で、情報量がとくに少ない微量ミネラル（鉄、亜鉛、銅、マンガン、セレン、モリブデン）に関して、市販離乳食中の濃度を測定し、市販離乳食と母乳に依存した場合の6か月児以降乳児におけるそれらの摂取量を推定した。

実験方法

1. 試料の収集

5つの国内メーカーより、レトルト、もしくは瓶詰め状態で販売されている離乳食53食を購入し、微量ミネラル測定用の試料とした。収集した離乳食は「7か月頃より」の表示のあるのが24食、「9か月頃より」の表示のあるのが29食である。

2. 分析

収集した離乳食は、1食ごとにすべてを凍結乾燥後、ミル（Retsch GM200）で均一・細粉化した。次いで、細粉化した凍結乾燥試料1gを濃硝酸10mLと60%過塩素酸2mLを用いて湿式灰化した。そして、灰化物を水で10mLにメスアップして調製した溶液中の鉄、亜鉛、銅、マンガンフレーム式原子吸光光度計（島津AA-6300）、セレンとモリブデンを誘導結合プラズマ質量分析器（島津ICPM-8500）により定量した。なお、セレンの定量には質量数82を用い、モリブデンの定量には質量数95, 97, 98を用いて得られる分析値の平均値を使用した。

3. 微量ミネラル摂取量の算定

分析結果をもとに、各離乳食の微量ミネラル濃度を離乳食湿重量（g）あたりとエネルギー（kcal）あたりで求めた。本研究で収集した離乳食は「7か月頃より」、および「9か月頃より」の表示があったことから、6～8か月児が前者、9～11か月児が後者を摂取した場合の微量ミネラル摂取量を以下の式にもとづいて算定した。[市販離乳食からの微量ミネラル摂取量]=[各離乳食のエネルギーあたりの微量ミネラル濃度]×[6～8か月児、または9～11か月児の離乳食からのエネルギー摂取量の報告値の平均値（6～8か

Table 1 Estimated intake of trace minerals from human milk in Japanese infants

Trace minerals	Concentration in human milk*	Estimated intake**	
		6~8 mo	9~11 mo
Iron	0.43 mg/L	0.26 mg/d	0.19 mg/d
Zinc	1.83 mg/L	1.10 mg/d	0.82 mg/d
Copper	0.35 mg/L	0.21 mg/d	0.16 mg/d
Manganese	< 0.01 mg/L	< 0.01 mg/d	< 0.01 mg/d
Selenium	17 µg/L	10.2 µg/d	7.7 µg/d
Molybdenum	3.0 µg/L	1.8 µg/d	1.4 µg/d

* Quoted from Dietary Reference Intakes for Japanese, 2010¹⁾.

** Estimated from the concentration in human milk and averaged intake of human milk in Japanese infants (6~8 mo, 600 mL; 9~11 mo, 450 mL)^{4, 5)}.

月児 171 kcal/d, 9~11か月児 452 kcal/d²⁾。さらに、この算定した市販離乳食からの微量ミネラル摂取量に、2010年版DRIsで採用されている母乳中微量ミネラル濃度から推定される母乳由来の微量ミネラル摂取量（Table 1）¹⁾を加え、市販離乳食と母乳を摂取した場合の微量ミネラル摂取量をもとめた。

結果

Table 2~7に市販離乳食中の各微量ミネラル濃度およびこれらの離乳食由来の微量ミネラル摂取量をまとめた。いずれの微量ミネラル濃度においても、試料間の変動が大きかった。鉄、亜鉛、銅においては、9か月以降表示の離乳食における変動が7か月以降表示に比較して大きい傾向にあった。鉄濃度の高い離乳食の献立は、「鶏レバーとジャガイモの煮物」、「ヒラメと卵のおじや」、9か月以降表示が「肉団子と野菜のシチュー」、「牛肉とマグロのうま煮」などであり、レバー、畜肉、卵、赤身魚肉などを食材として使用したものだった。また亜鉛、および銅濃度も鉄濃度と同様に、畜肉または水産物の食材を使用したメニューが高値を示した。マンガンとモリブデン濃度は、7か月以降表示と9か月児との間に明確な差がなかった。マンガンの場合は野菜類、モリブデンの場合は穀物を使用した献立が使用しない献立に比較して明らかに高値を示した。セレン濃度は、鉄、亜鉛とは逆に、7か月以降表示の離乳食が9か月以降表示に比較して変動が大きい傾向にあった。セレン濃度の高い離乳食の献立は「ツナとトマトの野菜グラタン」、「牛肉とマグロのうま煮」などのように、マグロを食材に使用したものだった。

Table 2 Iron concentration in commercial baby foods and estimated iron intake from commercial baby foods

	For 7 or more mo baby (n = 24)			For 9 or more mo baby (n = 29)		
	Concentration		Intake* mg/d	Concentration		Intake** mg/d
	µg/g	µg/kcal		µg/g	µg/kcal	
Mean	1.25	2.36	0.40	2.20	3.48	1.57
SD	0.60	0.98	0.17	2.45	3.21	1.45
Maximum	3.05	5.15	0.88	13.88	18.20	8.23
Minimum	0.46	0.77	0.13	0.56	0.67	0.30
Median	1.18	2.37	0.41	1.41	2.49	1.13

* Estimated intake in 6 to 8 mo infants.

** Estimated intake in 9 to 11 mo infants.

Table 3 Zinc concentration in commercial baby foods and estimated zinc intake from commercial baby foods

	For 7 or more mo baby (n = 24)			For 9 or more mo baby (n = 29)		
	Concentration		Intake*	Concentration		Intake**
	µg/g	µg/kcal		µg/g	µg/kcal	
Mean	1.03	2.00	0.34	1.51	2.37	1.07
SD	0.48	0.93	0.16	0.88	1.12	0.51
Maximum	1.94	3.66	0.63	3.94	5.37	2.43
Minimum	0.23	0.36	0.06	0.15	0.22	0.10
Median	0.99	2.04	0.35	1.31	2.45	1.11

* Estimated intake in 6 to 8 mo infants.

** Estimated intake in 9 to 11 mo infants.

Table 4 Copper concentration in commercial baby foods and estimated copper intake from commercial baby foods

	For 7 or more mo baby (n = 24)			For 9 or more mo baby (n = 29)		
	Concentration		Intake*	Concentration		Intake**
	µg/g	µg/kcal		µg/g	µg/kcal	
Mean	0.23	0.44	0.08	0.34	0.54	0.25
SD	0.08	0.13	0.02	0.20	0.31	0.14
Maximum	0.43	0.67	0.12	1.00	1.66	0.75
Minimum	0.08	0.23	0.04	0.13	0.20	0.09
Median	0.24	0.43	0.07	0.29	0.46	0.21

* Estimated intake in 6 to 8 mo infants.

** Estimated intake in 9 to 11 mo infants.

Table 5 Manganese concentration in commercial baby foods and estimated manganese intake from commercial baby foods

	For 7 or more mo baby (n = 24)			For 9 or more mo baby (n = 29)		
	Concentration		Intake*	Concentration		Intake**
	µg/g	µg/kcal		µg/g	µg/kcal	
Mean	0.52	1.03	0.17	0.71	1.16	0.64
SD	0.24	0.51	0.09	0.31	0.49	0.27
Maximum	1.14	2.33	0.39	1.53	2.44	1.35
Minimum	0.17	0.28	0.05	0.29	0.43	0.24
Median	0.46	0.90	0.15	0.63	1.10	0.61

* Estimated intake in 6 to 8 mo infants.

** Estimated intake in 9 to 11 mo infants.

Table 6 Selenium concentration in commercial baby foods and estimated selenium intake from commercial baby foods

	For 7 or more mo baby (n = 24)			For 9 or more mo baby (n = 29)		
	Concentration		Intake*	Concentration		Intake**
	ng/g	ng/kcal		ng/g	ng/kcal	
Mean	13.2	22.9	3.9	10.0	15.8	7.2
SD	15.2	21.4	3.7	6.3	9.1	4.1
Maximum	69.6	92.8	15.9	29.8	49.7	22.5
Minimum	0.8	1.2	0.2	2.7	6.2	2.8
Median	7.5	16.4	2.8	8.7	13.2	6.0

* Estimated intake in 6 to 8 mo infants.

** Estimated intake in 9 to 11 mo infants.

Table 7 Molybdenum concentration in commercial baby foods and estimated molybdenum intake from commercial baby foods

	For 7 or more mo baby (n = 24)			For 9 or more mo baby (n = 29)		
	Concentration		Intake*	Concentration		Intake**
	ng/g	ng/kcal		ng/g	ng/kcal	
Mean	20.4	36.6	6.3	24.1	36.0	16.3
SD	19.0	29.4	5.0	22.3	30.1	13.6
Maximum	71.4	126.9	21.7	79.5	123.1	55.6
Minimum	2.4	4.5	0.8	2.4	5.9	2.7
Median	13.6	27.8	4.7	15.7	24.5	11.1

* Estimated intake in 6 to 8 mo infants.

** Estimated intake in 9 to 11 mo infants.

Table 8 Correlation matrix in energy based concentration of trace mineral in commercial baby foods

	Correlation coefficient				
	Iron	Zinc	Copper	Manganese	Selenium
Zinc	0.288*				
Copper	0.223	0.556***			
Manganese	0.066	0.083	0.411**		
Selenium	-0.016	-0.133	0.114	-0.105	
Molybdenum	-0.176	0.215	0.066	0.019	0.136

*, $p < 0.05$; **, $p < 0.01$; ***, $p < 0.001$.

Table 9 Estimated trace mineral intake from commercial baby foods and human milk in 6 to 8 and 9 to 11 mo infants*

	Iron (mg/d)		Zinc (mg/d)		Copper (mg/d)		Manganese (mg/d)		Selenium (μg/d)		Molybdenum (μg/d)	
	6~8 mo	9~11 mo	6~8 mo	9~11 mo	6~8 mo	9~11 mo	6~8 mo	9~11 mo	6~8 mo	9~11 mo	6~8 mo	9~11 mo
Mean	0.66	1.76	1.44	1.89	0.29	0.41	0.17	0.64	14.1	14.9	8.1	17.7
Minimum	0.39	0.49	1.16	0.92	0.25	0.25	0.05	0.24	10.4	10.5	2.6	4.1
25 percentile	0.54	1.06	1.31	1.51	0.27	0.32	0.12	0.45	11.7	11.7	3.3	8.4
Median	0.67	1.32	1.45	1.93	0.28	0.37	0.15	0.61	13.0	13.7	6.5	12.5
75 percentile	0.75	1.96	1.54	2.23	0.30	0.47	0.22	0.78	14.9	17.3	10.3	25.6
Maximum	1.14	8.42	1.73	3.25	0.33	0.91	0.39	1.35	26.1	30.2	23.5	57.0
EAR**	3.5		-		-		-		-		-	
AI***	-		3		0.3		0.5		15		3	

* Intakes were estimated from trace mineral concentration in commercial baby foods and human milk.

** Estimated average requirement for 6 to 11 mo infants described in Dietary Reference Intakes for Japanese, 2010¹⁾.

*** Adequate intake for 6 to 11 mo infants described in Dietary Reference Intakes for Japanese, 2010¹⁾.

Table 8 にエネルギーあたりの微量ミネラル濃度について、ミネラル間の相関関係をまとめた。鉄濃度は亜鉛、および銅濃度と弱い相関があった。これらの微量ミネラルの供給源（畜産物や水産物）に共通性のあることを反映したものと考えられる。亜鉛と銅、銅とマンガンの間には強い相関が存在したが、亜鉛とマンガンの間には相関を認めなかった。マンガンの濃度の高い植物性食品の中に、銅濃度の高いもの（豆類や種実類など）が含まれていることを反映したものと思われる。セレンとモリブデン濃度は、他の微量ミネラル濃度との間に有意な相関を示さなかった。

Table 9 に、収集した市販離乳食と母乳に依存した場合の、各微量ミネラルの1日摂取量の推定値の算定結果をまとめ、日本人の食事摂取基準2010年版に示されている6~11か月児に対するEARまたはAIとあわせて示した。鉄は微量ミネラルの中で、唯一、食事摂取基準において6~11か月児に対するEARとRDAが設定されている。市販離乳食と母乳に依存した場合の鉄摂取量を算定したところ、EAR (3.5 mg/日) を上回る摂取量を与えるのは特定の1製品（「鶏レバーとジャガイモの煮物」）を利用した場合のみであった。また亜鉛は、市販離乳食と母乳に依存した場合、目安量 (3 mg/日) の半量から3分の2程度の摂取量になると推定された。これに対して、銅、マンガ、セレンは、算定値の平均値または中央値がAIにほぼ一致していた。また、モリブデンは、市販離乳食と母乳からの摂取量がAIを大幅に上回っていた。

考 察

今回収集した離乳食は国内の主要メーカーが販売してい

るものであり、一般に流通しているレトルトおよびびん詰めタイプの離乳食の大半をカバーしたものである。したがって、得られた結果は、離乳食の大半を市販品に依存している乳児の微量ミネラル摂取量を推定するのに十分なものと判断する。

7か月以降表示と9か月以降表示の離乳食の違いは、前者のほとんどが、「おじや」や「五目うどん」といった主食と副食の区別のない献立であるのに対して、後者の約半数が副食のみの献立という点である。鉄、亜鉛、銅の場合、9か月以降表示離乳食において含有量の変動が大きくなったのは、副食のみの献立に含有量の高い食材（レバーや水産物）が大量に使用されていたためと考えられる。他のミネラルの場合も、それぞれのミネラルを高濃度に含有することが報告されている食材（たとえば、セレンのマグロ⁶⁾、マンガンの野菜類⁷⁾、モリブデンの穀物⁸⁾など）を使用した献立において、該当するミネラルの含有量が高いことが確認できた。

一般に市販離乳食を利用する場合、単一の製品ではなく、複数の製品を利用すると考えられる。したがって、市販離乳食と母乳を摂取する6~11か月乳児の微量ミネラル摂取量の算定結果 (Table 8) において意味を持つのは、平均値または中央値であり、25または75パーセンタイル値は偏った利用の場合の参考値とみなせる。銅とマンガでは摂取量の平均値または中央値が6~11か月乳児のAIとほぼ一致していた。これら2元素のAIは離乳食からの摂取を考慮して設定されていることから、この一致は妥当なものと考えられる。セレンも同様に、摂取量の平均値または中央値が6~11か月乳児のAIとほぼ一致していた。セレンのAIは母乳からの摂取量のみにもとづいて設定されて

いるが、この一致は、離乳食からの摂取を考慮した場合も、6～11か月乳児に対するセレンのAIがほぼ同じ値に落ち着くことを意味している。

市販離乳食からのモリブデンの摂取量はAIよりも相当高い値となった。これはモリブデンが母乳に比較して穀物や豆類に高濃度に存在している⁸⁾ためである。したがって、摂取量の中央値にもとづいて乳児のAIを設定するのであれば、6か月以降乳児のモリブデンのAIは食事摂取基準2010年版よりも相当高い値に設定しなければならないことになる。

市販離乳食を利用した場合の亜鉛の摂取量はAIの半分から3分の2の値であった。AIは摂取の目安量であり、栄養素の必要量を意味するものではない。したがって、今回の結果をもとに、市販離乳食と母乳に依存する乳児において亜鉛が摂取不足であると結論することは適切でない。むしろ、日本の乳児において、亜鉛の摂取不足に起因する大規模な健康障害の報告がないことを考慮すれば、今回の結果は、6か月以降乳児のAIをより低い値に変更できる可能性を示すと考える。なお、中埜らの報告²⁾において、離乳食由来の亜鉛摂取量は7か月児0.75、9か月児1.66 mg/dであり、Table 3に示した今回の結果の2倍近い値となっている。ただし、中埜らの報告における亜鉛摂取量は食品成分表にもとづくものである。このことは、収集した市販離乳食の食材が低亜鉛のものに偏っていたか、あるいは調理加工における亜鉛の損失が大きいことを示しているのかもしれない。

市販離乳食に依存した場合の鉄の摂取量は、レバーを主要な食材とした特定の献立を利用しない限り、EARにはるかに及ばないことが判明した。中埜らの報告²⁾においても、離乳食由来の平均鉄摂取量は、今回の推定よりは高いものの、7か月児0.9、9か月児1.9 mg/dであるとしている。母乳中の鉄濃度が低く、母乳からの鉄摂取に期待ができないことを考えると、鉄が強化されている調製乳を摂取しない場合には、6か月以降乳児がEARを超える鉄摂取を達成することはきわめて困難と思われる。鉄は乳児の成長にきわめて重要であり、その不足は身体面のみならず、

知的・精神面の発達にも悪影響を及ぼす。6か月以降の乳児は、生涯でもっとも鉄の要求量が増大する時期である。したがって市販の離乳食に対しては、鉄含有量の高い食材を積極的に利用した鉄濃度の高い製品が複数種開発されることが期待される。

本研究は、平成21年度厚生科学研究費補助金（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推定するためにエビデンスの構築に関する研究（主任研究者：柴田克己））、および平成21年度関西大学大学院理工学研究科高度化推進事業の援助を受けたものである。

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，pp. 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) 厚生労働省（2006）平成17年度乳幼児栄養調査。pp. 8-13，(<http://www.mhlw.go.jp/houdou/2006/06/dl/h0629-1b.pdf>よりダウンロード)。
- 4) 米山京子，後藤いずみ，永田久紀（1995）母乳の栄養成分の授乳月数に伴う変動，日公衛誌 42：472-481.
- 5) 米山京子（1998）母乳栄養児の発育と母乳からの栄養素摂取量，小児保健研究 57：49-57.
- 6) Yoshida M, Abe M, Fukunaga K, Kikuchi K (2002) Bioavailability of selenium in defatted dark muscle of tuna. Food Add Contam 19: 990-995.
- 7) 荒川泰昭（2003）マンガン，ミネラルの事典（糸川嘉則編），朝倉書店，東京，pp. 266-278.
- 8) Hattori H, Ashida A, Ito C, Yoshida M (2004) Determination of molybdenum in foods and human milk, and estimation of average molybdenum intake in the Japanese population. J Nutr Sci Vitaminol 50: 404-409.