



# 最近の日本人授乳婦の母乳中微量元素濃度

いそじま つよし  
磯島 豪

## 要旨

母乳は、新生児・乳児の成長に最適の栄養であり、成長発達に必要な成分を含んでいる。微量元素は必要量が少ないものの成長発達には不可欠なものであるが、母乳中微量元素濃度は、社会的因子や経済的因子に影響を受け、濃度の変動が大きいことが知られている。最近、私たちは、約15年ぶりとなる日本人授乳婦の母乳中微量元素濃度を発表した。過去の報告どおり、母乳中微量元素濃度の個人間のばらつきが大きかった。さらに、母乳中微量元素濃度どうしは非常に良い相関を認め、母乳中微量元素と母乳中主要栄養素の一部も良い相関を示した。一方で、母乳中微量元素濃度は、授乳婦の食事摂取量や乳児期の成長とは全く相関を認めなかった。母乳中微量元素濃度の調節は、母乳成分間で影響しあう複雑な機序の存在が想定された。これまでのところ、母乳中微量元素の調節の機序については分かっていないことも多く、今後もさらなる研究が必要な分野であると考えられた。

[小児科臨床 74:80,2021]

## KEY WORDS

日本人, 授乳婦, 母乳, 微量元素, 成長

## はじめに

母乳は、新生児・乳児の成長にとって最適の栄養であり、生後6カ月間は母乳による育児が勧められている<sup>1)</sup>。母乳には、成長発達に必要な成分が含まれており、蛋白、脂肪、炭水化物といった主要栄養素以外にも、微量元素や免疫グロブリンなども含まれている。母乳の成分を理解することは、乳児の成長や免疫反応の理解、さらには小児科の日常診療の改善につながると考えられている。多くの微量元素は、必要量は少ないものの、新生児・乳児の成長発達に不可欠である<sup>2)3)</sup>。微量元素が不足すると成長障害が生じたり、発達遅滞が生じたりする一方で<sup>4)</sup>、過剰な摂取は児にとって有害なことが起こりうる<sup>5)</sup>。表1に主な微量元素の働き、欠乏症状、過剰症状を示す<sup>6)</sup>。鉄(Fe)、亜鉛(Zn)、銅(Cu)の母乳中濃度は、母体の食事や栄養状態にはあまり影響を受けないため、少なくとも

生後6カ月以内の母乳栄養の児は、臨床的に明らかなこれらの微量元素不足は稀であることが知られている<sup>7)~10)</sup>。一方で、セレン(Se)やヨウ素といった微量元素は母体の食事の影響を受けると報告されている<sup>3)</sup>。母乳中微量元素濃度は、児が不足しないように母体側での調節が働いていることが想定されているが、その詳細な機序については、ほとんど分かっていない。

日本人の母乳中微量元素濃度は、日本人食事摂取基準(2020年版)にも記載されているが、これらのデータは約15年前に報告されたものである。近年の授乳婦の栄養状態や食事状況は、15年前と比較して変化しており、最近の授乳婦の母乳中微量元素濃度の実態を知る必要があると考えられたため、私たちは約15年ぶりとなる日本人授乳婦の母乳中微量元素濃度を最近報告した<sup>11)</sup>。本総説では、私たちの報告を中心に、日本人母乳中微量元素濃度とともに、授乳婦の微量元素

表1 主な微量元素の働き、欠乏症状、過剰症状（文献6を参考に作成）

微量元素	働き	欠乏症状	過剰症状
Cr	インスリン作用の補因子、主要栄養素の代謝の維持に関係など	耐糖能異常、体重減少、末梢神経障害など	腎機能障害など
Mn	マンガンスーパーオキシドジスムターゼ、アリギナーゼなど種々の酵素の補因子など	骨の異常、成長障害、生殖機能低下、運動失調など	頭痛、不眠、精神症状、パーキンソン病様症状
Fe	赤血球のヘモグロビン合成、細胞内の酸化還元反応、細胞のアポトーシスに関与など	鉄欠乏性貧血、運動機能・認知機能の低下など	肝硬変、糖尿病、心不全など
Cu	フリーラジカルスカベンジャー、臓器の機能や代謝過程が適切に働くための関与など	鉄抵抗性の低色素性貧血、汎血球減少、骨減少など	肝硬変、腎障害など
Zn	300種類以上の酵素の活性化に必要、細胞分裂や核酸代謝で重要な働きなど	皮膚炎、味覚障害、下痢、成長障害、貧血など	銅・鉄吸収の抑制、嘔気・嘔吐、上腹部痛など
Se	フリーラジカルスカベンジャー、抗酸化物質、甲状腺ホルモン代謝に関与など	心筋障害、骨格筋障害、大球性貧血、爪の変形、毛髪変化など	毛髪・爪の脱落・脆弱、胃腸症状、神経系症状など
Mo	キサントニンオキシダーゼ、アルデヒドオキシダーゼ、亜硫酸オキシダーゼの補酵素	尿酸代謝障害、神経過敏、頻脈、昏睡など	ヒトでは不明、動物モデルでは下痢、成長障害など

摂取状況や乳児の成長との相関についても概説する。

### 日本人食事摂取基準（2020年版）に記載されている日本人授乳婦の母乳中微量元素濃度

日本人食事摂取基準（2020年版）に記載されている日本人授乳婦の母乳中微量元素濃度は、クロム（Cr）、マンガ（Mn）、Fe、Cu、Zn、Seについては、1998年に調査され Yamawaki らにより報告されたデータ<sup>12)</sup>、Crとモリブデン（Mo）については2005年により Yoshida らにより<sup>13)</sup>報告されたデータが採用されている。これらのデータは、日本全国から横断的調査により収集した母乳を、Yamawaki らは、ICP発光分光分析法（ICP-AES）で分析し、Yoshida らは、ICP質量分析法（ICP-MS）で分析して母乳中微量元素濃度を報告している。しかしながら、これらの母乳中微量元素濃度は、約15年前のデータであるため、近年の授乳婦の母乳にも当てはまるかどうかは不明である。また、これらの報告のなかには、授乳婦の微量元素摂取状況や出生した児のデータは含まれていない。さらに、これらの報告では横断的調査により母乳を収集しているため、母乳を収集した産後時期の範囲が広く、結果として比較的大きい期間のカテゴリーで分類されて、母乳中微量元素濃度が報告されている。

### 最近の日本人授乳婦の母乳中微量元素濃度

母乳中微量元素濃度は社会的因子や経済的因子に影響され、濃度の変動が大きいことが知られている<sup>5)8)9)12)</sup>。さらに、近年食生活スタイルが変化してきている（例えば、市販の総菜や冷凍食品を多く食べるようになった）ことを考えると、最近の授乳婦の母

乳中微量元素濃度は、変化している可能性もあり、とても興味深いと考えられる。しかしながら、上述の通り現在使用可能な母乳中微量元素濃度は、約15年前に調査されたものであり、それ以降の報告は存在しない。そこで私たちは、近年の授乳婦の母乳中微量元素濃度を明らかにし、授乳婦の栄養摂取量や臨床情報、乳幼児の成長との関係を調査する目的に、前向き研究を行った<sup>11)</sup>。

2016年7月から2017年12月までに帝京大学医学部附属病院（2017年度の総分娩数：815人）において37週以降で単胎を出産した健康な女性（授乳婦）で同意の得られた129人を対象とした。出産後1カ月時と3カ月時に、母乳を提供していただき、同時に食事摂取頻度調査（food frequency questionnaire；FFQ）を行った。出生した児の成長については、母子手帳から身長、体重、頭囲を抽出した。129人のなかで、FFQが十分に記載されていなかった人、微量元素を測定するための母乳が不足していた人、栄養制限が行われる可能性のある人を除いた79人の解析を行った。79人の母乳中のCr、Mn、Fe、Cu、Zn、Se、MoをICP-MS法で測定し、さらに母乳中微量元素濃度と授乳婦の微量元素摂取量、授乳婦の体格、乳児の体格の相関関係について検討を行った。

表2に今回計算した授乳婦の微量元素摂取量と日本人食事摂取基準（2020年版）に記載されている授乳婦の微量元素の推奨摂取量を示す。今回の調査では、授乳婦の微量元素摂取量は、全体的に推奨摂取量と比較して少ない傾向にあった。しかしながら、SeとMoは、推奨摂取量よりも多く摂取していた。特に、Moは、1日に153  $\mu\text{g}$ と、推奨摂取量（28  $\mu\text{g}$ ）の約5倍の摂取量であった。耐用上限量は1日に500~600  $\mu\text{g}$ <sup>14)</sup>であるため、摂取量として問題がある量ではなかった。Moは、穀類、豆類、種実類に多く含まれる

表2 産後1カ月と3カ月のFFQから計算した授乳婦の微量元素摂取量（文献11から一部改変して作成）

微量元素	1カ月		3カ月		日本人食事摂取基準（2020年版）
	n	平均 (SD)	n	平均 (SD)	授乳婦への推奨摂取量
Cr ( $\mu\text{g/day}$ )	79	7.7 (3.0)	54	7.1 (2.7)	10
Mn (mg/day)	79	2.5 (0.6)	54	2.4 (0.7)	3.5
Fe (mg/day)	79	7.7 (2.0)	54	7.6 (2.1)	9
Cu (mg/day)	79	1.1 (0.3)	54	1.1 (0.3)	1.3
Zn (mg/day)	79	8.7 (1.9)	54	8.4 (1.8)	12
Se ( $\mu\text{g/day}$ )	79	53.5 (11.2)	54	51.6 (14.4)	45
Mo ( $\mu\text{g/day}$ )	79	153 (43)	54	153 (47)	28

表3 産後1カ月と3カ月の母乳中微量元素濃度と過去の日本の報告との比較（文献11から一部改変して作成）

母乳中微量元素濃度	1カ月			3カ月			21-89日 (Yamawaki 2005) <sup>12)</sup>	5-191日 (Yoshida 2008) <sup>13)</sup>
	n	平均 (SD)	中央値 (25p, 75p)	n	平均 (SD)	中央値 (25p, 75p)	平均 (SD) n=129-557	平均 (SD) n=79
Cr ( $\mu\text{g/dL}$ )	79	1.0 (0.8)	0.8 (0.5, 1.2)	54	0.7 (0.6)	0.6 (0.4, 0.7)	5.0 (3.3)	0.17 (0.26)
Mn ( $\mu\text{g/dL}$ )	79	0.9 (0.6)	0.8 (0.5, 1.1)	54	0.9 (0.7)	0.7 (0.5, 1.1)	0.8 (2.2)	—
Fe ( $\mu\text{g/dL}$ )	79	165 (163)	98 (46, 260)	54	62 (38)	55 (34, 82)	180 (327)	—
Cu ( $\mu\text{g/dL}$ )	77	58 (23)	50 (39, 75)	54	34 (14)	33 (27, 39)	34 (19)	—
Zn ( $\mu\text{g/dL}$ )	77	300 (130)	272 (218, 379)	51	168 (95)	177 (90, 238)	177 (108)	—
Se ( $\mu\text{g/dL}$ )	79	2.4 (0.8)	2.2 (1.7, 2.9)	54	2.2 (1.1)	2.1 (1.6, 2.5)	1.8 (0.4)	—
Mo ( $\mu\text{g/dL}$ )	79	1.0 (0.9)	0.7 (0.3, 1.3)	52	1.1 (1.1)	0.7 (0.3, 1.4)	—	0.54 (0.53)

ため、今回調査した授乳婦は、比較的これらを摂取していたと考えられた。

今回測定した微量元素濃度と、日本人食事摂取基準（2020年版）に記載されている約15年前に測定された母乳中微量元素濃度を表3に示す。Cu, Zn, Seは、比較的標準偏差が小さく、個人間のばらつきが小さかったが、その他の元素については標準偏差が大きく、個人間のばらつきが大きかった。この結果はこれまでの報告とも一致していた<sup>5)7)~9)12)</sup>。産後1カ月から3カ月は、多くの母乳中微量元素濃度が生理的に低下する時期であることが知られているが、今回の測定値でもMn, Se, Mo以外は、3カ月時の方が1カ月時よりも濃度が有意に低かった。日本からの過去の報告は、測定値が生理的に減少する元素が多いにもかかわらず、測定日数の範囲が大きいため、今回の測定値との単純な比較は難しいが、CrとMoは両者に差があると考えられた。平均Cr測定値は、1カ月時1.0  $\mu\text{g/dL}$ 、3カ月時0.7  $\mu\text{g/dL}$ であったが、Yamawakiらの報告<sup>12)</sup>では、5.0  $\mu\text{g/dL}$ 、Yoshidaらの報告<sup>13)</sup>では、0.17  $\mu\text{g/dL}$ と3つの報告でばらつきが大きかった。この濃度のばらつきは、個人間のCrの母乳中濃度のばらつきがとて大きいために<sup>8)</sup>、対象集団間でのばらつきが大きくなった影響と考えられた。しかしながら、3つの研究の母乳採取条件は同じ

ではなく、Crの母乳中濃度の報告は限られていることから、個人間のばらつきだけで説明してよいものかどうかは分からなかった。また、平均Mo測定値は、1カ月時1.0  $\mu\text{g/dL}$ 、3カ月時1.1  $\mu\text{g/dL}$ であったが、Yoshidaらの報告<sup>13)</sup>では、0.54  $\mu\text{g/dL}$ であった。Moの母乳中濃度は、西洋の授乳婦よりも、アジアの授乳婦の方が、米や豆類の摂取が多いために、やや高めであることが知られている。そのため、今回の授乳婦のMoの摂取量が推奨量の約5倍であったことが、2つの報告での濃度の差の原因である可能性が考えられた。

授乳婦の微量元素摂取量と母乳中の微量元素濃度の相関を調べたが、どの微量元素についても相関は認められなかった。これは、これまでの報告と一致しており、授乳婦の栄養状況は、母乳中の微量元素濃度に影響しないと考えられた<sup>3)8)10)15)</sup>。さらに、授乳婦の体格や乳児の成長と母乳中微量元素濃度の相関についても調べたが、これら間には全く相関がなかった。グアテマラからの報告<sup>10)</sup>では、母乳中の微量元素濃度が、生後6カ月の成長障害と関連する可能性が示唆されているが、近年の日本の授乳婦においてはこの報告の結果は当てはまらなかった。

表4に産後1カ月と3カ月の母乳中微量元素濃度と母乳中主要栄養素の相関を、表5に産後1カ月と3カ

表4 産後1カ月と3カ月の母乳中微量元素濃度と母乳中主要栄養素の相関 (文献11から一部改変して作成)

微量元素	1カ月				3カ月			
	エネルギー	蛋白	脂肪	炭水化物	エネルギー	蛋白	脂肪	炭水化物
Cr	-0.16	0.072	-0.11	0.0080	0.17	-0.070	0.14	0.19
	0.16	0.55	0.35	0.95	0.27	0.64	0.34	0.18
	78	70	71	71	46	46	46	46
Mn	0.086	0.13	0.19	-0.20	<b>0.57</b>	-0.070	<b>0.57</b>	0.017
	0.45	0.27	0.11	0.099	<0.0001	0.64	<0.0001	0.91
	78	70	71	71	46	46	46	46
Fe	<b>0.27</b>	<b>0.27</b>	<b>0.33</b>	-0.097	<b>0.71</b>	0.038	<b>0.71</b>	-0.099
	<b>0.018</b>	<b>0.025</b>	<b>0.0050</b>	0.42	<0.0001	0.80	<0.0001	0.51
	78	70	71	71	46	46	46	46
Cu	0.011	<b>0.47</b>	0.066	-0.25	0.13	<b>0.46</b>	0.094	0.099
	0.93	<0.0001	0.59	<b>0.041</b>	0.40	<b>0.0014</b>	0.54	0.51
	76	68	69	69	46	46	46	46
Zn	0.14	0.096	0.12	0.13	0.053	-0.084	0.058	0.21
	0.24	0.43	0.34	0.28	0.73	0.59	0.71	0.17
	75	69	69	69	44	44	44	44
Se	0.15	<b>0.38</b>	<b>0.23</b>	-0.39	<b>0.44</b>	0.22	<b>0.43</b>	-0.0094
	0.19	<b>0.001</b>	<b>0.049</b>	<b>0.00070</b>	<b>0.0020</b>	0.14	<b>0.0026</b>	0.95
	78	70	71	71	46	46	46	46
Mo	<b>0.26</b>	<b>0.27</b>	<b>0.33</b>	-0.40	<b>0.51</b>	0.11	<b>0.49</b>	0.025
	<b>0.024</b>	<b>0.024</b>	<b>0.0048</b>	<b>0.00050</b>	<b>0.00030</b>	0.48	<b>0.00060</b>	0.87
	78	70	71	71	45	45	45	45

各元素と主要栄養素の相関において、上段が相関係数、中段がP値、下段がn数を示す。また斜体がP<0.10、太字がP<0.05を表す。

月の母乳中微量元素濃度間の相関を示す。FeやCuを含めたいくつかの元素で、微量元素間どうしの母乳中濃度だけでなく、主要栄養素とも相関していたのはとても興味深いことである。微量元素のなかでも、Zn, Fe, Cuは、母乳中濃度を調節する乳腺上皮細胞に存在するトランスポーターを介した機序が知られており、濃度は厳密に調節されていると考えられている<sup>7)16)</sup>。にもかかわらず、それらの母乳中濃度が、他の母乳中微量元素濃度や母乳中主要栄養素濃度と相関するという事実は、それらの母乳中濃度の調節は、微量元素特異的な能動的な調節だけではなく、微量元素どうしや主要栄養素との相補的に調節する機序の存在を示唆するかもしれない。さらに興味深いことに、Cr, Mn, Fe, Cuについては、母乳中の有毒金属濃度と相関するという報告がある<sup>5)8)17)</sup>。有毒な金属を能動的に母乳に分泌する機序が存在することは考えにくいことから、私たちの検討と過去の報告を総合すると、微量元素を母乳中に分泌する何か共通の機序が存在し、母乳中の微量元素濃度は、出生した児が生後6カ月間の成長時に微量元素が不足しないように、母乳中微量元素濃度は、複雑な機序で調節されているのではないかと考えられた。母乳中の微量元素濃度を調節する機序については、未解明のことが多いと考えられた。

## 考 察

母乳中の微量元素濃度の報告を比較する際には、いくつかの点を考慮して結果を解釈しなければならない。最初に、どのような集団の母乳中微量元素濃度を測定したかを考慮しなければならない。国や地域、人種といった基本的な特徴に加えて、どういった体格でどのような栄養状態の授乳婦から得られたかという臨床情報があることが望ましい。今回私たちが、約15年ぶりに提示した日本の授乳婦から得られた母乳中微量元素濃度は、東京都内の1病院から得られた結果であるという限界があるものの、授乳婦の体格情報や栄養摂取状況も併せて調査しているため、授乳婦の栄養状態を考慮した過去の報告との比較が可能であると考えられた。次に、どのような方法で母乳中微量元素濃度を測定したかを考慮しなければならない。母乳中の微量元素の測定は、非常に微量な濃度の測定であるため、測定結果の精度が問題となる。今回私たちは、現在存在する母乳中微量元素濃度を測定する方法のなかで、最も正確と考えられているICP-MS法を用いて母乳中微量元素濃度を測定した。約15年前の日本の報告では、ICP-AES法<sup>12)</sup>およびICP-MS法<sup>13)</sup>が使用されており、3つの報告を比較することは可能であると考えられた。最後に、母乳の収集条件、すなわ

表5 産後1カ月と3カ月の母乳中微量元素濃度間の相関（文献11から一部改変して作成）

1 カ月							
微量元素	Cr	Mn	Fe	Cu	Zn	Se	Mo
Cr	1	0.29	0.18	0.33	0.31	0.24	0.24
		0.0088	0.12	0.0033	0.0069	0.031	0.036
Mn	85	79	79	77	77	79	79
	0.29	1	0.44	0.56	0.53	0.66	0.48
Fe	0.0088		<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
	79	79	79	77	77	79	79
Cu	0.18	0.44	1	0.28	0.19	0.54	0.31
	0.12	<0.0001		0.015	0.095	<0.0001	0.0047
Zn	79	79	79	77	77	79	79
	0.33	0.56	0.28	1	0.65	0.70	0.42
Se	0.0033	<0.0001	0.015		<0.0001	<0.0001	0.00010
	77	77	77	77	75	77	77
Mo	0.31	0.53	0.19	0.65	1	0.42	0.21
	0.0069	<0.0001	0.095	<0.0001		0.00010	0.065
Cr	77	77	77	75	77	77	77
	0.24	0.66	0.54	0.70	0.42	1	0.52
Mn	0.031	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.00010		<0.0001
	79	79	79	77	77	79	79
Fe	0.24	0.48	0.31	0.42	0.21	0.52	1
	0.036	<0.0001	0.0047	0.00010	0.065	<0.0001	
Cu	79	79	79	77	77	79	79
	79	79	79	77	77	79	79

  

3 カ月							
微量元素	Cr	Mn	Fe	Cu	Zn	Se	Mo
Cr	1	0.47	0.36	0.42	-0.32	0.24	0.32
		0.00030	0.0075	0.0015	0.023	0.085	0.022
Mn	54	54	54	54	51	54	52
	0.47	1	0.86	0.39	0.055	0.69	0.48
Fe	0.00030		<0.0001	0.0038	0.70	<0.0001	0.00030
	54	54	54	54	51	54	52
Cu	0.36	0.86	1	0.44	0.069	0.81	0.62
	0.0075	<0.0001		0.0010	0.63	<0.0001	<0.0001
Zn	54	54	54	54	51	54	52
	0.42	0.39	0.44	1	-0.17	0.51	0.33
Se	0.0015	0.0038	0.0010		0.23	<0.0001	0.017
	54	54	54	54	51	54	52
Mo	-0.32	0.055	0.069	-0.17	1	0.17	0.059
	0.023	0.70	0.63	0.23		0.23	0.69
Cr	51	51	51	51	51	51	49
	0.24	0.69	0.81	0.51	0.17	1	0.59
Mn	0.085	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.23		<0.0001
	54	54	54	54	51	54	52
Fe	0.32	0.48	0.62	0.33	0.059	0.59	1
	0.022	0.00030	<0.0001	0.017	0.69	<0.0001	
Cu	52	52	52	52	49	52	52

各元素間の相関で、上段が相関係数、中段がP値、下段がn数を示す。また斜体がP < 0.10、太字がP < 0.05を表す。

ち、どのような時間帯にどのような条件で母乳を収集したのかを考慮しなければならない。今回私たちは、母乳の収集から測定までの条件は統一したが、母乳の収集時間については厳密に統一していない。また、過去の日本からの報告においても同様に母乳の収集時間については言及されていない。今回の研究で報告した母乳中微量元素濃度の変動の大きさが、それぞれの研究の限界に起因する可能性も否定できない。

今回提示した日本人授乳婦の母乳中微量元素濃度は、約15年ぶりの日本人のデータである。現在最も正確と考えられているICP-MS法を用いて濃度測定を行い、FFQを用いて授乳婦の栄養状態を明らかにし、さらに、出生した児の成長も同時に提示しており、最近の授乳婦の栄養状態と母乳中微量元素を考えると貴重なデータと考えられる。臨床現場や公衆衛生の現場で、広く利用されることが期待される。

母乳中微量元素濃度の調節の機序については、多くは分かっていない。今回私たちの検討で観察された、母乳中微量元素濃度どうしの相関や主要栄養素濃度との相関、また過去に報告されている有毒金属との相関が、母乳中微量元素濃度の調節の機序のなかでどのような意味を持っているのかは不明である。現在のところZn, Fe, Cuについては、機序の一部が分かってきているが、まだまだ不明な点も多く、また他の微量元素については、機序はほとんど分かっていない。微量元素の母乳への分泌の機序の解明のためには、臨床研究から得られた知見が基礎研究に活用されるべきであると考えられる。母乳は乳児にとって理想の栄養とされ、子育てにおいて母乳の重要性が強調されており、小児科医もその重要性は十分に理解しているが、母乳についてはまだまだ分かっていないことはたくさん存在する。今後母乳に関する研究がさらに活性化されて、理想の栄養である母乳の成分の調節の機序が解明されていくことを期待している。

## 謝 辞

最近の授乳婦の母乳中微量元素濃度測定についての研究は、科研費基盤研究B(16H0526, 研究代表者:野村恭子)および小児医学研究振興財団アサヒグループ食品(和光堂)研究助成(平成29年度, 研究代表者:磯島豪)によって行いました。また、検体の収集に際して、帝京大学女性医師・研究者支援センターに多大なるご協力をいただきました。この場を借りて厚く御礼を申し上げます。

## 文 献

1) Kramer MS, Kakuma R : Optimal duration of exclusive breastfeeding. *Cochrane Database Syst Rev*

2012(8) : CD 003517 .  
2) Andreas NJ, Kampmann B, Mehring Le-Doare K : Human breast milk : A review on its composition and bioactivity. *Early Hum Dev* 2015 ; 91 : 629-35.  
3) Dror DK, Allen LH : Overview of Nutrients in Human Milk. *Adv Nutr* 2018 ; 9(suppl 1) : 278S-294S.  
4) Bailey RL, West KP, Black RE : The epidemiology of global micronutrient deficiencies. *Ann Nutr Metab* 2015 ; 66 Suppl 2 : 22-33.  
5) Klein LD, Breakey AA, Scelza B, et al. : Concentrations of trace elements in human milk : Comparisons among women in Argentina, Namibia, Poland, and the United States. *PLoS One* 2017 ; 12(8) : e0183367.  
6) Finch CW : Review of trace mineral requirements for preterm infants : what are the current recommendations for clinical practice? *Nutr Clin Pract* 2015 ; 30 : 44-58.  
7) Lönnerdal B : Trace element transport in the mammary gland. *Annu Rev Nutr* 2007 ; 27 : 165-77.  
8) Björklund KL, Vahter M, Palm B, et al. : Metals and trace element concentrations in breast milk of first time healthy mothers : a biological monitoring study. *Environ Health* 2012 ; 11 : 92.  
9) Taravati Javad M, Vahidinia A, Samiee F, et al. : Analysis of aluminum, minerals and trace elements in the milk samples from lactating mothers in Hamadan, Iran. *J Trace Elem Med Biol* 2018 ; 50 : 8-15.  
10) Li C, Solomons NW, Scott ME, et al. : Minerals and Trace Elements in Human Breast Milk Are Associated with Guatemalan Infant Anthropometric Outcomes within the First 6 Months. *J Nutr* 2016 ; 146 : 2067-2074.  
11) Motoyama K, Isojima T, Sato Y, et al. : Trace element levels in mature breast milk of recent lactating Japanese women. *Pediatr Int* 2020 in press.  
12) Yamawaki N, Yamada M, Kan-no T, et al. : Macronutrient, mineral and trace element composition of breast milk from Japanese women. *J Trace Elem Med Biol* 2005 ; 19 (2-3) : 171-181.  
13) Yoshida M, Takada A, Hirose J, et al. : Molybdenum and chromium concentrations in breast milk from Japanese women. *Biosci Biotechnol Biochem* 2008 ; 72 : 2247-2250.  
14) Dietary Reference Intakes for Japanese (2020) in Japanese [Internet]. Available from : <https://www.mhlw.go.jp/content/10904750/000586553.pdf> (参照 2020.11.23)  
15) Lönnerdal B : Regulation of mineral and trace elements in human milk : exogenous and endogenous factors. *Nutr Rev* 2000 ; 58 : 223-229.  
16) Montalbetti N, Dalghi MG, Albrecht C, et al. : Nutrient transport in the mammary gland : calcium, trace minerals and water soluble vitamins. *J Mammary Gland Biol Neoplasia* 2014 ; 19 : 73-90.  
17) Almeida AA, Lopes CM, Silva AM, et al. : Trace elements in human milk : correlation with blood levels, inter-element correlations and changes in concentration during the first month of lactation. *J Trace Elem Med Biol* 2008 ; 22 : 196-205.

Trace element concentrations in mature breast milk of recent lactating Japanese women

Tsuyoshi Isojima

Department of Pediatrics, Teikyo University School of Medicine

Breast milk is the optimal nutrition for infants and contains all the nutrients which infants need for growth and development. Many trace elements are essential for an infant's growth and development during early life, although the amount of these elements required is low. It is reported that their concentrations in breast milk vary depending on social and economic factors. Nevertheless, the present values available in Japan were derived from lactating mothers approximately 15 years ago, so we have recently updated values of their concentrations from recent lactating mothers in Japan. Trace element concentrations from our report were widely distributed as previously reported. We also found that there were significant correlations between several trace elements and macronutrients in addition to inter-element correlations among almost all trace elements. On the other hand, there were no correlations between trace element concentrations and either mothers' intakes or infants' growth. We speculated that there should be a certain complicated mechanism to balance each breast milk component in total. Our newly presented values can be widely used as a reference not only in clinical settings but also in public health situations. Further investigation is vital to uncover how breast milk components are regulated.

Key Words : breast milk, Japan, lactating mother, trace element

