

厚生労働科学研究費補助金（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（栄養所要量）の策定に関する基礎的研究

平成 16 年度～18 年度 総合研究報告書

主任研究者 柴田 克己

14. 日本人乳児（0～5 か月）のビタミン含量

主任研究者 柴田 克己 滋賀県立大学 教授

研究協力者 福渡 努 滋賀県立大学 助手

研究要旨

日本人の母乳中の水溶性ビタミン含量を測定した成果と文献値を整理し，2010 年度に予定されている改定の資料とした．

I. はじめに

乳児（0～5 か月）は、母乳のみで正常に発育する。したがって、乳児（0～5 か月）の栄養素の必要量は、母乳の栄養素濃度×哺乳量で求めることができる。母乳中のビタミン含量に関して、すでに報告されているが、定量方法が特異的ではない、試料数が少ない、定量操作にいたる測定用試料の作成に問題点があるなど、未だに精度の高い値が得られていないビタミンもある。

そこで、正常に発育している乳児をもち、完全母乳栄養を行っている授乳婦の母乳を採取し、水溶性ビタミン濃度を測定した。

II. 母乳の採取方法

1. 被験者は、妊娠ならびに出産が正常な経過で満期出産し、満月齢で1～5 ヶ月の乳児を完全母乳哺育している日本人母乳139検体を対象にした。

2. 母乳採取

時間は指定せず、子どもに授乳後または助産院に診察に来た際、母乳パック（カネソン本舗社製）に採取して、直ちに家庭用冷凍庫にて凍結した。この冷凍母乳を、凍結状態のまま、滋賀県立大学に送付してもらった。到着後は、分析に使用するまで-20℃にて保存した。

III. 水溶性ビタミン含量

1. ビタミン B₁ 含量

本件班の成果を図1に示した。また、検索されたビタミン B₁ の値を表1にまとめた。これらのデータから判断すると、日本人の母乳中に含まれるビタミン B₁（チアミン塩

酸塩；分子量 337.25）含量は、0.12 mg/L と結論づけられる。

2. ビタミン B₂ 含量

本件班の成果を図2に示した。また、検索されたビタミン B₂ の値を表2にまとめた。これらのデータから判断すると、日本人の母乳中に含まれるビタミン B₂（リボフラビン；分子量 376.4）含量は、0.40 mg/L と結論づけられる。

3. ビタミン B₆ 含量

本件班の成果を図3に示した。また、検索されたビタミン B₆ の値を表3にまとめた。表3には、0.23 mg/L（Reinken）と 0.25 mg/L（伊佐）という値があるが、これらは伴に HPLC 法で測定した値である。表3に示した他の値は微生物法である。ビタミン活性を測定するという意味では微生物法の方が HPLC 法よりも利点がある。したがって、これらのデータから判断すると、日本人の母乳中に含まれるビタミン B₆（ピリドキシン；分子量 169.1）含量は、0.10 mg/L と結論づけられる。

4. ビタミン B₁₂ 含量

本件班の成果を図4に示した。また、検索されたビタミン B₁₂ の値を表4にまとめた。表4に示したように、ビタミン B₁₂ の値には大きな差異が認められている。表4の渡邊敏明の 0.28 µg/L、渡辺文雄の 0.943 µg/L、柴田克己の 0.68 µg/L と 1.3 µg/L は、いずれも柴田克己が主任研究者の研究成果である。なぜ、このような差異がみとめられたのか、現在不明であるが、他の研究者の報告をみると、井戸田は 0.2 µg/L、Dinana は 0.97 µg/L、Jennifer は 0.93 µg/L と報告し

ている。Sakurai は日本人のデータであるが 0.4 µg/L と報告している。したがって、これらのデータから判断しにくいですが、ビタミン B₁₂ 含量は、測定試料の保存状態が悪いと低値を示すように感じている。今後の検討課題である。現在のデータからでは、結論づけることは難しいが、2005 年版の日本人の食事摂取基準で採用されている値、0.2 µg/L、という値は低いと思われる。暫定的な値として、ビタミン B₁₂ (シアノコバラミン、分子量 1355.4) 含量として 1 µg/L を提案する。

5. ナイアシン含量

本件班の成果を図 5 に示した。また、検索されたナイアシンの値を表 5 にまとめた。これらのデータから判断すると、日本人の母乳中に含まれるナイアシン (ニコチンアミド；分子量 122.13) 含量は、1.4 mg/L と結論づけられる。

6. パントテン酸含量

本件班の成果を図 6 に示した。また、検索されたパントテン酸の値を表 6 にまとめた。報告により差異が認められるが、この原因の一つは、母乳に含まれる結合型のパントテン酸を遊離型にする時に使用する酵素の違いに起因するものと考えられる。低い値 (井戸田ら, Sakurai ら) は、パパインを使用し、高い値は (Johnston ら, 渡辺ら, 柴田ら) は、ハト肝アセトンパウダー抽出液 (パンテテインをパントテン酸に加水分解するアミダーゼを含む) を使用したものである。つまり、低い値は結合型が完全に遊離型に変換されていない可能性が高い。なお、パントテン酸の定量に使用する

Lactobacillus plantarum は遊離型のパントテン酸しか利用できない。したがって、最も高い値が得られたデータが、より完全に結合型→遊離型の反応が達成されたものと考ええると、日本人の母乳中に含まれるパントテン酸 (パントテン酸；分子量 219.2) 含量は、7.0 mg/L と結論づけられる。

7. 葉酸含量

本件班の成果を図 7 に示した。また、検索された葉酸の値を表 7 にまとめた。これらのデータから判断すると、日本人の母乳中に含まれる葉酸 (プテロイルモノグルタミン酸；分子量 441.4) 含量は、50 µg/L と結論づけられる。

8. ビオチン含量

本件班の成果を図 8 に示した。また、検索されたビオチンの値を表 8 にまとめた。これらのデータから判断すると、日本人の母乳中に含まれるビオチン (ビオチン；分子量 244.3) 含量は、5 µg/L と結論づけられる。

9. ビタミン C 含量

本件班の成果を図 9 に示した。また、検索されたビタミン C の値を表 9 にまとめた。報告者による差異が認められるが、日本人の授乳婦の母乳の値をみると、概ね 50 mg/L である。したがって、日本人の母乳中に含まれるビタミン C (アスコルビン酸；分子量 176.1) 含量は、50 mg/L と結論づけられる。

まとめとして、表 10 に 2005 年版の日本人の食事摂取基準で採用された母乳中の水溶性ビタミン含量と本研究班が提言する含量を示した。

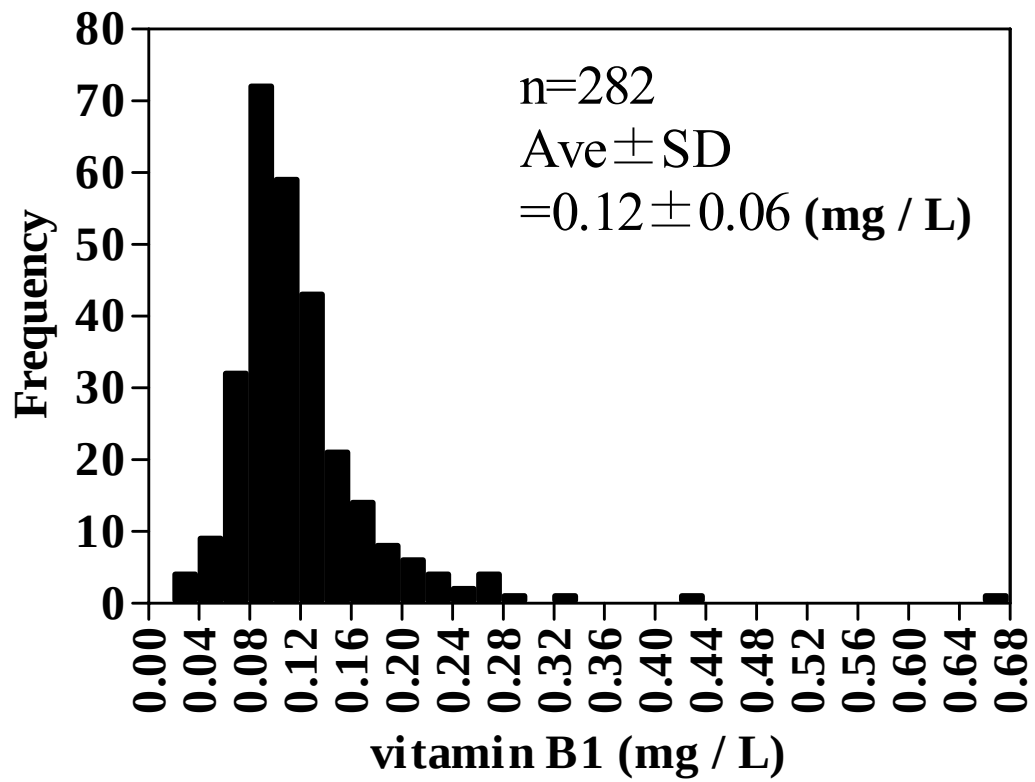


図 1. 母乳中のビタミン B₁ 含量の分布図
チアミン塩酸塩の量として示した.

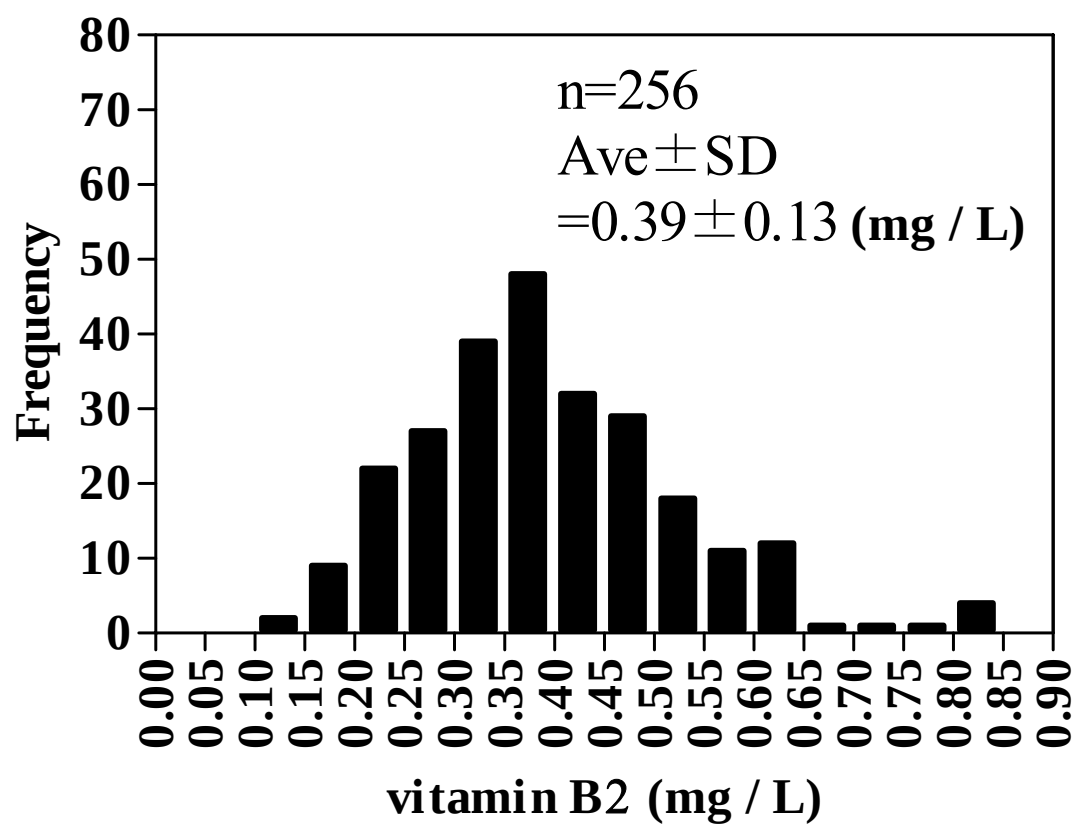


図 2. 母乳中のビタミン B₂ 含量の分布図

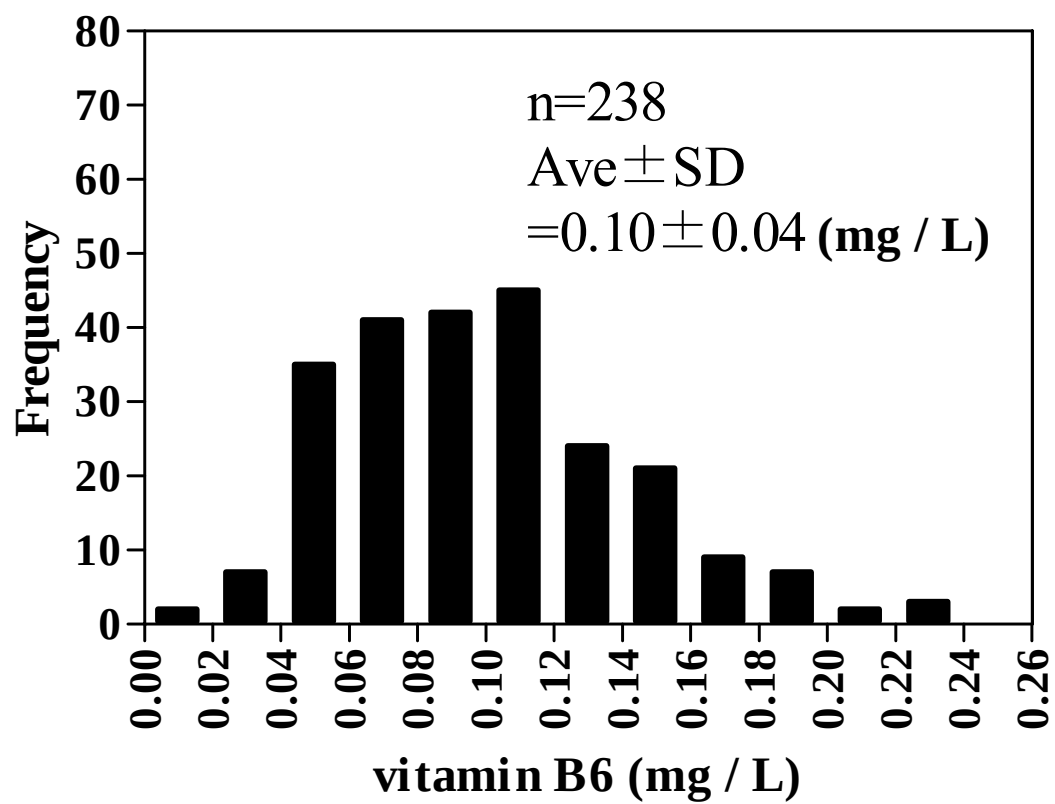


図 3. 母乳中のビタミン B₆ 含量の分布図

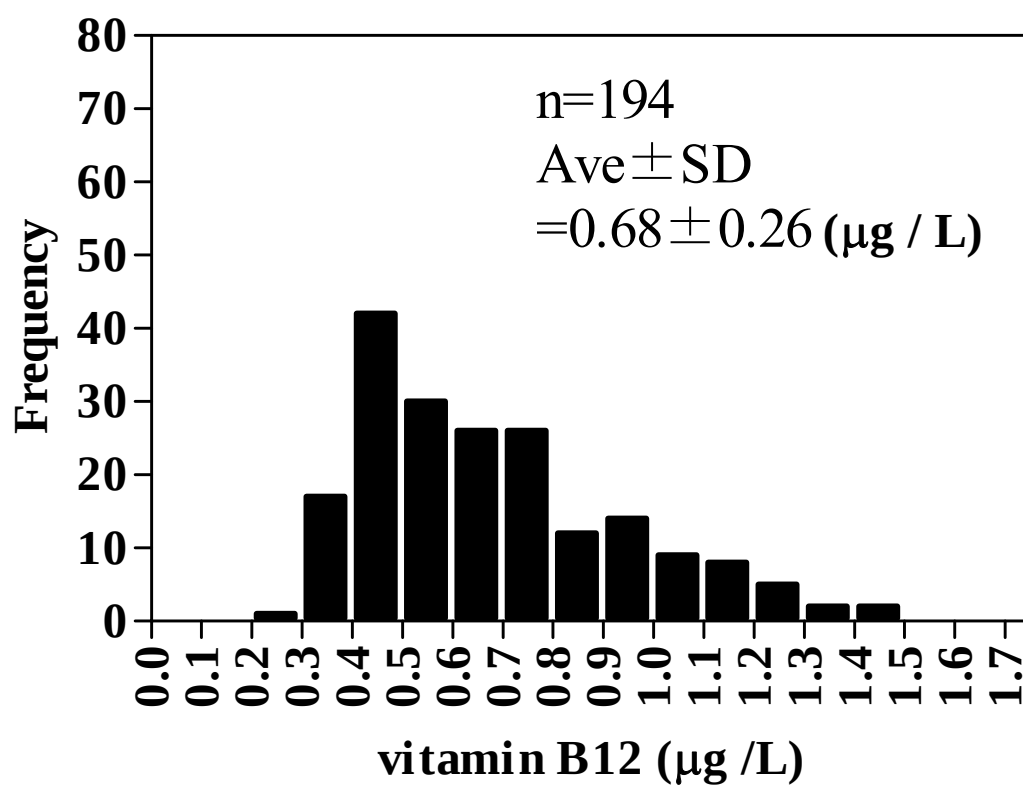


図 4. 母乳中のビタミン B₁₂ 含量の分布図

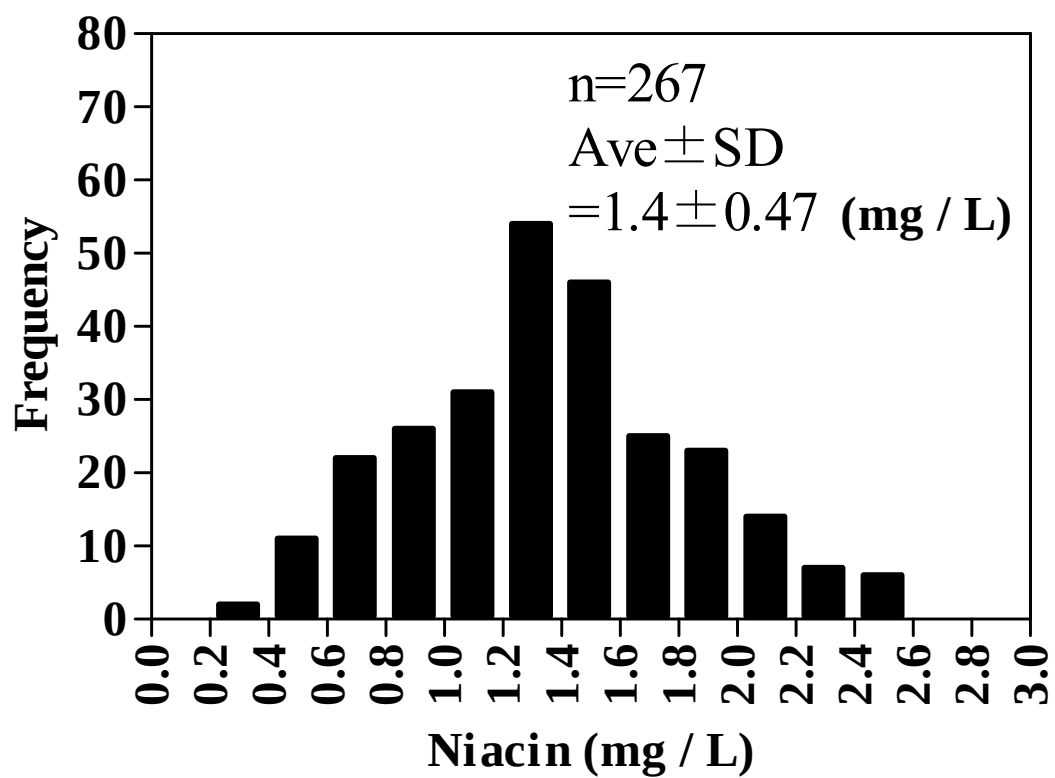


図 5. 母乳中のナイアシン含量の分布図

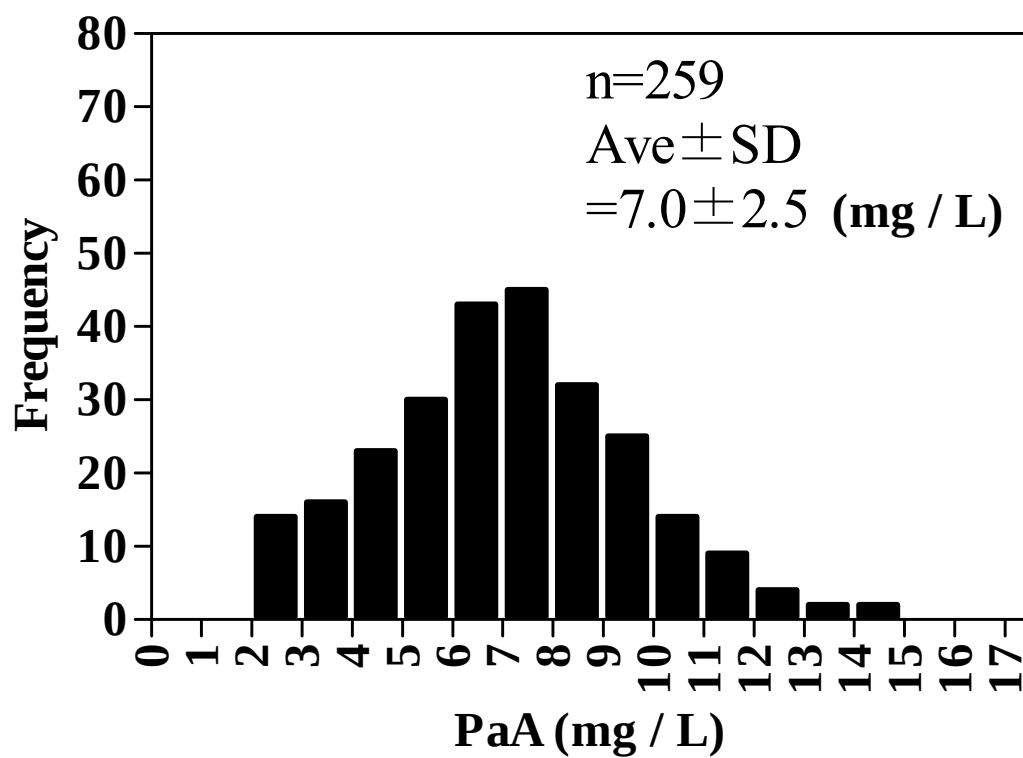


図 6. 母乳中のパントテン酸含量の分布図

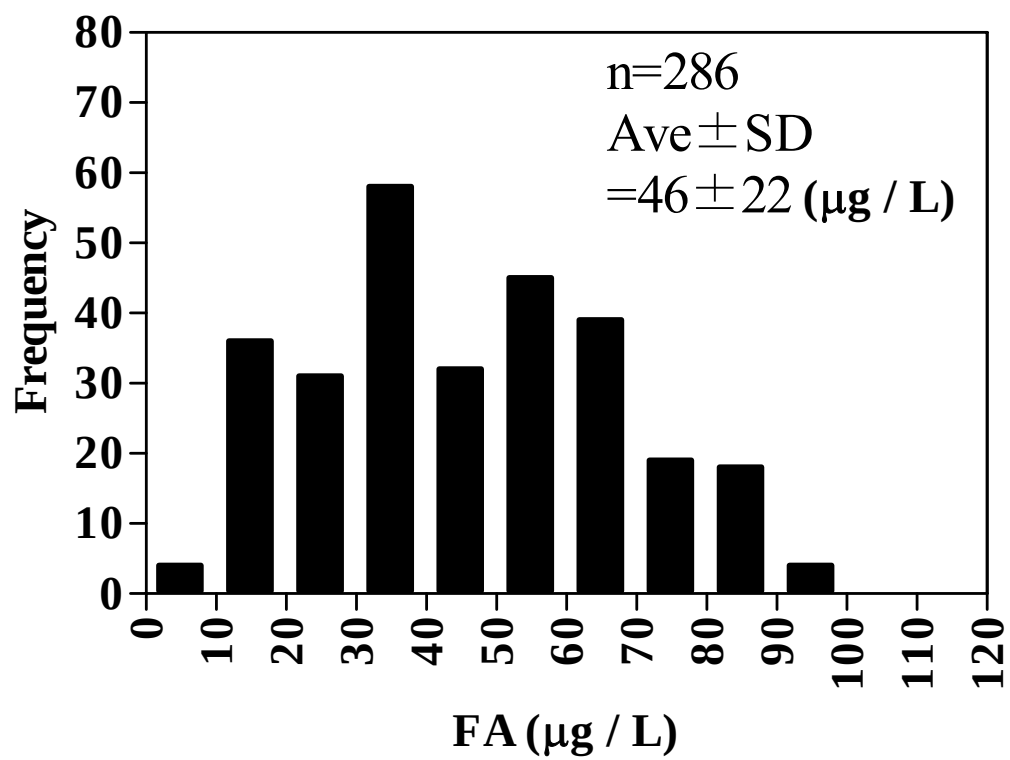


図 7. 母乳中の葉酸含量の分布図

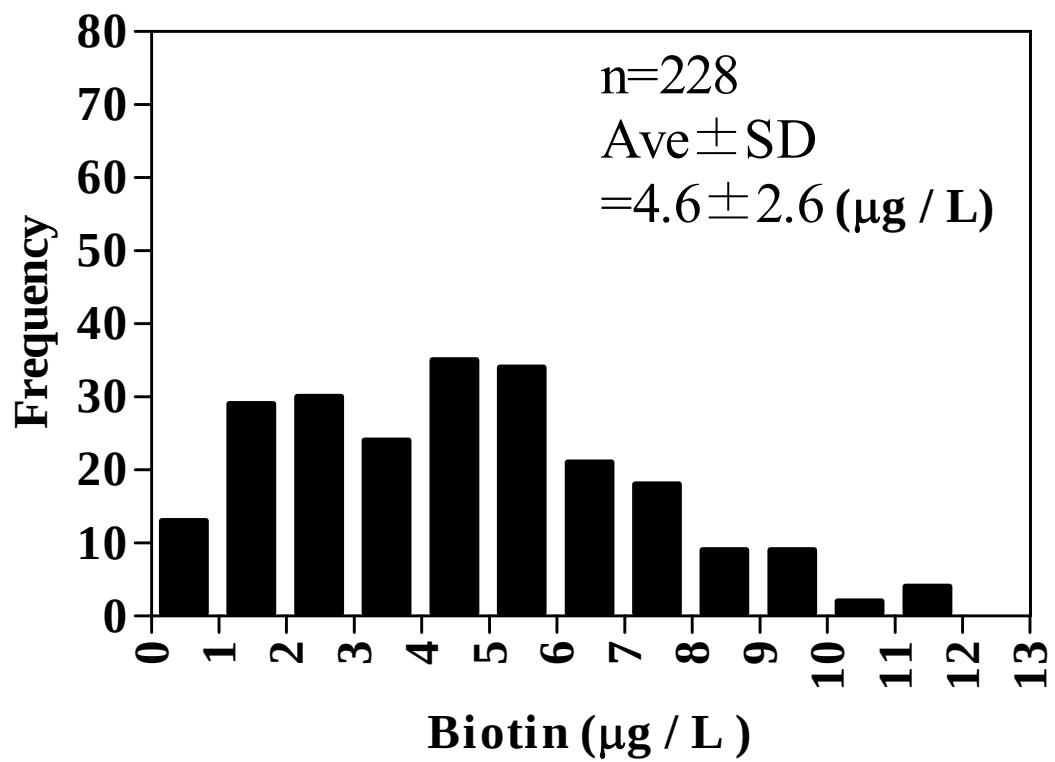


図 8. 母乳中のビオチン含量の分布図

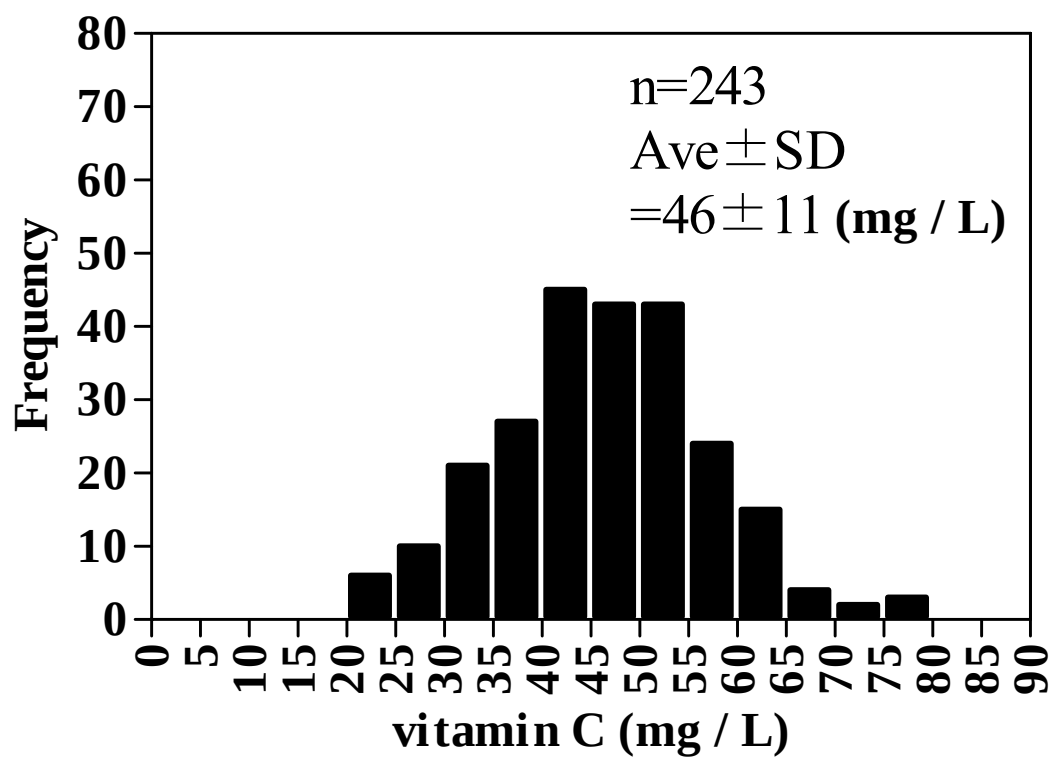


図 9. 母乳中のビタミン C 含量の分布図

表 1. 母乳中のビタミン B₁ 塩酸塩含量

発表年	第一著者名	被験者の 人種	試料数	成熟乳のビタミン B ₁ 塩酸塩含量 (mg / L)	文献
1980	Patricia A.N	記載なし	記載なし	0.22	Patricia A. Nail. The effect of thiamin and riboflavin supplementation on the level of those vitamins in human breast milk and urine. Am J Clin Nutr ,33:198-204 (1980)
1996	井戸田正	日本人	2727	0.14	井戸田正, 菅原牧裕, 矢賀部隆史, 佐藤則文, 前田忠夫. 最近の日本人乳組成に関する全国調査 (第十報), 水溶性ビタミン含量について. 日本小児栄養消化器病学会雑誌, 10, 11-20 (1996)
2005	Sakurai T	日本人	114	0.12 ± 0.03	Takayuki Sakurai,Miyako Furukawa ,Miyuki Asoh,Takahiro Kanno,Tadsashi Kojima and Akie Yonekubo. Fat-soluble and Water-Soluble Vitamin Contents of Breast Milk from Japanese Women. J Nutr Sci Vitaminol 51 239-247 (2005)
本研究班	柴田克己	日本人	282	0.12 ± 0.06	平成 17 年度報告書

表 2. 母乳中のビタミン B₂ 含量

発表年	第一著者名	被験者の 人種	試料数	成熟乳のビタミン B ₂ 含量 (mg / L)	文献
1980	Patricia A.N	記載なし	記載なし	0.49	Patricia A. Nail. The effect of thiamin and riboflabin supplementation on the level of those vitamins in human breast milk and urine. Am J Clin Nutr ,33:198-204 (1980)
1990	Zamzam K.R	記載なし	5	0.58	Zamzam K Roughead and Donald B McCormick . Flavin Composition of human milk . Am J Clin Nutr ,52:854-7 (1990)
1996	井戸田正	日本人	2727	0.41	井戸田正, 菅原牧裕, 矢賀部隆史, 佐藤則文, 前田忠夫. 最近の日本人乳組成に関する全国調査 (第十報), 水溶性ビタミン含量について. 日本小児栄養消化器病学会雑誌, 10, 11-20 (1996)
1999	Rosa M.O	記載なし	25	0.27 ± 0.10	Rosa M.Ortega . Riboflabin Levels in Maternal Milk: The Influence of Vitamin B2 Status during the Third Trim Trimester of pregnancy .Journal of The American College of Nutrition,18(4) 324-329 (1999)
2005	Sakurai T	日本人	114	0.38 ± 0.13	Takayuki Sakurai,Miyako Furukawa ,Miyuki Asoh,Takahiro Kanno,Tadsashi Kojima and Akie Yonekubo Fat-soluble and Water-Soluble Vitamin Contents of Breast Milk from Japanese Women. J Nutr Sci Vitaminol ,51 239-247 (2005)
本研究班	柴田克己	日本人	256	0.39 ± 0.13	平成 17 年度報告書

表 3. 母乳中のビタミン B₆ 含量

発表年	第一著者名	被験者の 人種	試料数	成熟乳の ビタミン B ₆ 含量 (mg / L)	文献
1976	West KD	アメリカ人	19	0.13	West KD, Kirksey A . Influence of vitamin B6 intake on the content of the vitamin in human milk. Am J Clin Nutr, 29, 961-969 (1976)
1981	Sharon M.S	記載なし	7	0.12	Sharon m.Sneed, Claire Aane, M.Rita Thomas . The effects of ascorbic acid,vitamin B6,vitamin B12,and folic acid supplementation on the breast milk and maternal nutritional atatus of low socioeconomic lactating women. Am J Clin Nutr ,34.1338-1346 (1981)
1984	Lynn Styslinger	記載なし	6	0.093 ± 0.008	Lynn Styslinger,MS and Avanelle Kirsey . Effects of different levels of vitamin B6 supplementation on vitamin B6 concentrations in human milk and vitamin B6 intakes of breastfed infants. Am J Clin Nutr ,41:21-31 (1985)
1985	Reinken L	記載なし	24	0.23 ± 0.05	L.Reinken,F.Dockx . Vitamin B6-and Protein Concentrations in Breast Milk from mothers of Preterm and Term Infants. Klin Padiat,197, 40-43 (1985)
1986	Marlene W.B	記載なし	8	0.15-0.21	Marlene W Borschel . Effects of Vitamin B6 intake on nutriture and growth of young infants. The American Journal of Nutrition ,43:7-15 (1986)
2004	伊佐保香	日本人	25	0.25	伊佐保香, 垣内明子, 早川享志. 日本人の母乳中ビタミン B6 含量. ビタミン, 78, 369-372 (2004)

2005	Sakurai T	日本人	159	0.057 ± 0.025	Takayuki Sakurai,Miyako Furukawa ,Miyuki Asoh,Takahiro Kanno,Tadsashi Kojima and Akie Yonekubo Fat-soluble and Water-Soluble Vitamin Contents of Breast Milk from Japanese Women. J Nutr Sci Vitaminol ,51 239-247 (2005)
本研究班	柴田克己	日本人	238	0.10 ± 0.04	平成 17 年度報告書
本研究班	柴田克己	日本人	58	0.086 ± 0.039	平成 18 年度報告書

表 4. 母乳中のビタミン B₁₂ 含量

発表年	第一著者名	被験者の 人種	試料数	成熟乳の ビタミン B ₁₂ 含量 (µg / L)	文献
1981	Dinana P.S	記載なし	19	0.97	Diana P.Sandberg,M.D,James A.Begley,M.S.,and Charles A .Hall,M.D. The content, binding, and forms of vitamin B12 in milk. Am J Clin Nutr, 34,1717-1724 (1981)
1996	井戸田正	日本人	2279	0.2	井戸田正, 菅原牧裕, 矢賀部隆史, 佐藤則文, 前田忠夫. 最近の 日本人乳組成に関する全国調査 (第十報), 水溶性ビタミン含 量について. 日本小児栄養消化器病学会雑誌, 10, 11-20 (1996)
1997	Jennifer E	グアテマ ラ人	92	0.93 ± 0.67	Jennifer E.Casterline,Lindsay H.Allen,and Marie T.Ruel . Bitamin B-12 Deficiency Is Very Prevalent in Lactating Guatemalan Women and Their Infants at Three Months Postpartum . J Nutr,127,1966-1972 (1997)
2005	Sakurai T	日本人	115	0.4 ± 0.2	Takayuki Sakurai,Miyako Furukawa ,Miyuki Asoh,Takahiro Kanno,Tadsashi Kojima and Akie Yonekubo Fat-soluble and Water-Soluble Vitamin Contents of Breast Milk from Japanese Women. J Nutr Sci Vitaminol, 51 239-247 (2005)
2005	渡邊敏明	日本人	25	0.28	渡邊敏明, 谷口歩美, 庄子佳文子, 稲熊隆博, 福井徹, 渡邊文雄, 宮本恵美, 橋詰直孝, 佐々木晶子, 戸谷誠之, 西牟田守, 柴田克 己. 日本人の水溶性ビタミン含量についての検討. ビタミン,79 (12), 573-581 (2005)

2006	渡辺文雄	日本人	126	0.943 ± 0.531	平成 17 年度報告書
本研究班	柴田克己	日本人	194	0.68 ± 0.26	平成 17 年度報告書
本研究班	柴田克己	日本人	58	1.3 ± 0.3	平成 18 年度報告書

表 5. 母乳中のナイアシン含量

発表年	第一著者名	被験者の 人種	試料数	成熟乳の ナイアシン 含量 (mg / L)	文献
1996	井戸田正	日本人	2279	2.0	井戸田正，菅原牧裕，矢賀部隆史，佐藤則文，前田忠夫．最近の日本人乳組成に関する全国調査（第十報），水溶性ビタミン含量について．日本小児栄養消化器病学会雑誌，10，11-20 (1996)
2004	渡辺敏明	日本人	78	2.22 ± 0.65	渡辺敏明，谷口歩美，福井徹，太田万理，福渡努，米久保明得，西牟田守，柴田克己．日本人女性の母乳中ビオチン，パントテン酸，およびナイアシンの含量．ビタミン，78(8) (2004)
本研究班	柴田克己	日本人	267	1.4 ± 0.47	平成 17 年度報告書
本研究班	柴田克己	日本人	58	1.4 ± 0.50	平成 18 年度報告書

表 6. 母乳中のパントテン酸含量

発表年	第一著者名	被験者の 人種	試料数	成熟乳の パントテン酸 含量 (mg / L)	文献
1981	Johnston L	アメリカ人	22	6.7	Johnson L, Vaughan L, Fox LM . Pantothenic acid content of human milk. Am J Clin Nutr ,34, 2205-2209 (1981)
1996	井戸田正	日本人	2279	3.0	井戸田正, 菅原牧裕, 矢賀部隆史, 佐藤則文, 前田忠夫. 最近の日本人乳組成に関する全国調査 (第十報), 水溶性ビタミン含量について. 日本小児栄養消化器病学会雑誌, 10, 11-20 (1996)
2004	渡辺敏明	日本人	78	5.3 ± 1.4	渡辺敏明, 谷口歩美, 福井徹, 太田万理, 福渡努, 米久保明得, 西牟田守, 柴田克己. 日本人女性の母乳中ビオチン, パントテン酸, およびナイアシンの含量. ビタミン, 78(8) (2004)
2005	Sakurai T	日本人	124	2.7 ± 0.9	Takayuki Sakurai,Miyako Furukawa ,Miyuki Asoh,Takahiro Kanno,Tadsashi Kojima and Akie Yonekubo . Fat-soluble and Water-Soluble Vitamin Contents of Breast Milk from Japanese Women. J Nutr Sci Vitaminol, 51 239-247 (2005)
本研究班	柴田克己	日本人	259	7.0 ± 2.5	平成 17 年度報告書

表 7. 母乳中の葉酸含量

発表年	第一著者名	被験者の 人種	試料数	成熟乳の 葉酸含量 ($\mu\text{g} / \text{L}$)	文献
1985	Monica R. B	アメリカ人	12	50 ± 10	Monica R Bank,MS,RD,Avanelle Kirksey,PhD,Kerstin West,RN,and George Giacoia,MD. Effect of strage time and temperature on folacin and Vitamin C levels in term and preterm human milk. The American Journal of Clinical Nutrition 41,FEBRUARY, 235-242 (1985)
1996	井戸田正	日本人	2279	53	井戸田正, 菅原牧裕, 矢賀部隆史, 佐藤則文, 前田忠夫. 最近の日本人乳組成に関する全国調査 (第十報), 水溶性ビタミン含量について. 日本小児栄養消化器病学会雑誌, 10, 11-20 (1996)
2005	Sakurai T	日本人	114	62 ± 29	Takayuki Sakurai,Miyako Furukawa ,Miyuki Asoh,Takahiro Kanno,Tadsashi Kojima and Akie Yonekubo Fat-soluble and Water-Soluble Vitamin Contents of Breast Milk from Japanese Women. J Nutr Sci Vitaminol ,51 239-247 (2005)
本研究班	柴田克己	日本人	286	46 ± 22	平成 17 年度報告書

表 8. 母乳中のビオチン含量

発表年	第一著者名	被験者の 人種	試料数	成熟乳の ビオチン含量 ($\mu\text{g} / \text{L}$)	引用論文番号
1983	Ford J.E	イギリス人	35	5.33	J E Ford,Alicja Zedhhalco,J Murphy,and O G Brooke. Comparison of the B vitamin composition of milk from mothers of preterm and term babies. Arch Dis Child,58,367-372 (1983)
1992	Hirano M	日本人	35	5.2 ± 2.1	Hirano M, Honma K, Daimatsu T, Hayakawa K, Oizumi J, Zaima K, Kanke Y . Longitudinal variations of biotin content in human milk. Int J Vit Nutr Res, 62, 281-282 (1992)
1992	Donald M.M	アメリカ人	3	12.1	Donald M. Mock . Biotin in Human Milk . Methods,Location,and Chemical Form . Journal of Nutrition, 122:535-45 (1992)
2004	渡辺敏明	日本人	78	3.9 ± 1.3	渡邊敏明, 谷口歩美, 福井徹, 太田万理, 福渡努, 米久保明得, 西牟田守, 柴田克己: 日本人女性の母乳中ビオチン, パントテン酸, およびナイアシンの含量. ビタミン, 78(8) (2004)
2005	Sakurai TI	日本人	129	5.0 ± 2.3	Takayuki Sakurai,Miyako Furukawa ,Miyuki Asoh,Takahiro Kanno,Tadsashi Kojima and Akie Yonekubo . Fat-soluble and Water-Soluble Vitamin Contents of Breast Milk from Japanese Women. J Nutr Sci Vitaminol, 51 239-247 (2005)
本研究班	柴田克己	日本人	228	4.6 ± 2.6	平成 17 年度報告書
本研究班	柴田克己	日本人	58	4.9 ± 2.0	平成 18 年度報告書

表 9. 母乳中のビタミン C 含量

発表年	第一著者名	被験者の 人種	試料数	成熟乳の ビタミン C 含量 (mg / L)	引用論文番号
1983	Roberto J.M	記載なし	13	40	J.Roberto Moran,Ross Vaughan,Steven Stroop,Sam Coy,Howard Johnston,and Harry L.Greene . Concentrations and Total Output of Micronutrients in Breast Milk of Mothers Delivering Preterm : A Longitudinal Study. Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition ,2:629-634 (1983)
1985	Monica R .B	アメリカ人	12	77 ± 3	Monica R Bank,MS,RD,Avanelle Kirksey,PhD,Kerstin West,RN,and George Giacoia,MD . Effect of storage time and temperature on folacin and Vitamin C levels in term and preterm human milk. The American Journal of Clinical Nutrition, 41,FEBRUARY 235-242 (1985)
1985	Diane M.A	記載なし	1	105	Diane M.Anderson,M.S.,R.D,andWilliam B. Pittard III,M.D . Vitamin E and C concentrations in human milk with maternal megadosing . A case report . Journal of The American Dietetic Association ,85(6) 715-17 (1985)
1996	井戸田正	日本人	2279	64	井戸田正, 菅原牧裕, 矢賀部隆史, 佐藤則文, 前田忠夫. 最近の日本人乳組成に関する全国調査 (第十報), 水溶性ビタミン含量について. 日本小児栄養消化器病学会雑誌, 10, 11-20 (1996)

2005	Sakurai et al	日本人	117	51 ± 19	Takayuki Sakurai,Miyako Furukawa ,Miyuki Asoh,Takahiro Kanno,Tadsashi Kojima and Akie Yonekubo Fat-soluble and Water-Soluble Vitamin Contents of Breast Milk from Japanese Women. J Nutr Sci Vitaminol ,51 239-247 (2005)
本研究班	柴田克己	日本人	243	46 ± 11	平成 17 年度報告書

表 10. 日本人の食事摂取基準（2005 年版）で採用された母乳中の水溶性ビタミン含量と本研究班が提言する水溶性ビタミン含量

水溶性ビタミン名	日本人の食事摂取基準（2005 年版）	本研究班の提言
ビタミン B ₁ （チアミン塩酸塩，分子量 337.25）	0.15 mg/L	0.12 mg/L
ビタミン B ₂ （リボフラビン，分子量 376.4）	0.40 mg/L	0.40 mg/L
ビタミン B ₆ （ピリドキシン，分子量 169.1）	0.25 mg/L	0.10 mg/L
ビタミン B ₁₂ （シアノコバラミン，分子量 1355.4）	0.2 μ g/L	1 μ g/L
ナイアシン（ニコチンアミド，分子量 122.13）	2.0 mg/L	1.4 mg/L
パントテン酸（パントテン酸，分子量 219.2）	5.0 mg/L	7.0 mg/L
葉酸（プテロイルモノグルタミン酸，分子量 441.4）	54 μ g/L	50 μ g/L
ビオチン（ビオチン，分子量 244.3）	5.2 μ g/L	5 μ g/L
ビタミン C（アスコルビン酸，分子量 176.1）	50 mg/L	50 mg/L