

## PIXEによる福岡市乳幼児健診受診母子の毛髪分析 (第4報) 基本統計量の比較

Todd Saunders<sup>1</sup>、黒田祥平<sup>1</sup>、山田知美<sup>2</sup>、後藤祥子<sup>3</sup>、  
高辻俊宏<sup>1</sup>、中村 剛<sup>1</sup>、世良耕一郎<sup>4</sup>、野瀬善明<sup>5</sup>

<sup>1</sup>長崎大学大学院生産科学研究科  
852-8521 長崎県長崎市文教町 1-14

<sup>2</sup>三重大学大学院医学系研究科  
514-8507 三重県津市江戸橋 2 丁目 174

<sup>3</sup>日本アイソトープ協会仁科記念サイクロトロンセンター  
020-0173 岩手県岩手郡滝沢村滝沢字留が森 348-58

<sup>4</sup>岩手医科大学サイクロトロンセンター  
020-0173 岩手県岩手郡滝沢村滝沢字留が森 348-58

<sup>5</sup>熊本保険科学大学大学院保健科学研究科  
861-5598 熊本市和泉町 325

### 1 はじめに

#### 1.1 研究経過

アトピー性皮膚炎(以下 Atopy)は戦前には稀であったが、戦後増加の一途を辿り、厚生労働省の調査によれば、H14、H17、H20にはそれぞれ28万、38万、140万人と増加傾向に加速度が増している。現在では日本人新生児が成人になるまでの罹患率は10%を超え、ヨーロッパでは30%を超えるという統計も公表されている。その症状であるかゆみが酷いので、職業選択の範囲が狭まれ、時に自殺者の報告もある。Atopy患者の病態、疫学、実験研究論文が多数報告されているにも関わらず、未だ予防策も治療法も確立していない。本研究はAtopyと体内ミネラル量との関連を解析することを目的としたコホート研究で、福岡市医師会・九州大学医学部が中心となり企画され、200年3月に倫理委員会に承認され開始された。誕生後1ヶ月と10ヶ月の福岡市乳幼児健診時に小児科医・産婦人科医による呼びかけに応じた母子(約1000対)の毛髪ミネラル量測定が岩手医科大学・アイソトープセンターにて実施され、20010年3月に完了した。Atopyと体内ミネラル量との関連の統計解析については、検診時における100項目以上の臨床情報も加味した詳細な解析を実施中であり、年内に公表予定である。予備的報告として、統計解析における問題点をKuroda et al. (2010)<sup>1)</sup>及びSaunders et al (2011)<sup>2)</sup>に報告した。

## 1.2 毛髪ミネラルの基本統計

一般に、生体検査項目の臨床での有効利用のためには、性年齢別基準値を定める必要がある。そこで文献検索システムを用いて、毛髪ミネラル量の性年齢別基準値及び医学的意義に関する研究報告を検索してみた。初期のバイオニア的研究を別にすれば、欧米では *Biological Trace Element Research* が 1979 年に、*Trace Elements in Medicine (=Trace Elements and Electrocytes)* が 1984 年に、*Journal of Trace Elements and Electrolytes in Health and Disease* が 1987 年に、さらに *Journal of Trace Elements in Experimental Medicine* が 1988 年に創刊された。日本では *International J PIXE* の創刊は 1990 年であり、NMCC 共同利用研究成果報文集の第一号が 1993 年に発刊された。日本では毛髪ミネラル量と疾病、妊娠、成長などとの関連を扱っている論文が 1980 年代半ばから、上記専門雑誌ではなく主に医学部や研究所の紀要に、発表されている。このように毛髪ミネラルの医学への応用を意図した研究が 4 半世紀に亘り成されているにも関わらず、本研究の対象である妊娠前後の女性と生後 10 ヶ月までの健康な乳児の毛髪ミネラル量を比較するのに適した論文は見当たらなかった。健康異常者あるいは環境汚染曝露者の毛髪ミネラル量を記述することを目的とした報告が大部分であり、いわゆる健常者についての基準値の報告は少ない。

健常者における毛髪ミネラル量の基本統計量を記述している論文として、津金ら (1985) は小児期 (1~19 歳) 129 名の毛髪ミネラル量の基準値を示しているが、例えば 1~4 歳は男 7 名、女 4 名しかおらず、一般化するには困難がある<sup>3)</sup>。また尾立ら(2003)は栄養学的観点から 12 種 (Zn、P、Cr、Fe、Cu、Mn、Ca、Mg、K、Na、Al、Pb) の比較的に大量に含まれるミネラルについて、津金らと鎌倉ら<sup>4)</sup> を含む 4 つの論文に記述された基準値を示しているが、比較的に大量に含まれる Zn、P、Cr については良く一致しているが、残りの 9 つのミネラルについては論文間での差異がかなりある<sup>5)</sup>。妊婦の妊娠経過に伴う毛髪ミネラル量の変化について西島 (1986) が報告しているが対象者が 20 人未満と少なく、SD が大きい<sup>6)</sup>。欧米の文献にも基準値を示している論文は多くあるが、年齢、性別、人種が異なるため、直接比較可能な文献は稀である。例えば、Zaichick らは 80 人のロシア人についての基準値を求めているが、標本数が小さい上に、男女込みで年齢も 15-55 歳と幅広い<sup>7)</sup>。さらに Senofonte et al. (2000) はローマ居住で年齢 3-15 の 412 人の基準値を示している<sup>8)</sup>。ここでは測定結果が未検出の値は除外して平均値などを計算しているが、本来 0 として計算するべきであろう。このように、基準値さらには基準値の計算法すら確立していないことが、毛髪ミネラル量の医学利用の障害になっていると考える。

## 1.3 本研究の目的

毛髪ミネラル量の分布及び医学的扱い方が確立していない現状を考慮すると、本研究の主目的であり、今後順次報告する予定にしている毛髪ミネラル量と Atopy 発症リスクとの量的関連を理解し一般化する上で、本研究での対象集団における毛髪ミネラル量の分布と特性を明確に示しておく必要がある。本論文では、母子の 1 ヶ月と 10 ヶ月における毛髪ミネラル量の基本統計量について報告する。福岡市内には汚染物質を排出する工場は一つも無く、気候温暖で、また投票によりアジアで最も住みたい都市の上位に常にランクインする環境に恵まれた市であり、対象は出産時に健康な母子なので、基準値を構成する上で最適な集団といえる。Kamakura (1983) は男 1008 名、女 891 名 (健康で年齢は 0~80+) と大きな標本について、20 種のミネラル量の基準値を示しているの、本研究での基準値と比較検討する。

## 2 方法

調査対象は福岡市に居住し、1 ヶ月乳幼児検診を受診し、産婦人科開業医の呼びかけに応じた 1034 対の母子から毛髪数本をハサミで採取した。さら小児科医による 10 か月検診時にも毛髪を採取できかつ Atopy か否かの診断の確定した 834 対を解析対象とした。1 か月検診の最初の検体は 2005 年 11 月に採取され、10 か月検診での最後の採取は 2007 年 10 月であった。毛髪検体は全て岩手医科大学サイクロトロンセンターにて PIXE 法によりミネラル量を測定された。

表1 各群の基本統計量

## (a) 1ヶ月の子供

variable	Mean	SD	Min	25%	Median	75%	Max
B.Na	201.16	173.53	0	82.159	161.32	274.08	1703.7
B.Mg	97.648	80.553	0	36.58	83.967	140.02	542.97
B.Al	100.47	73.684	0	35.434	100.62	152.94	350.01
B.Si	171.02	111.95	0	93.607	154.71	220.43	708.38
B.P	95.94	101.16	0	0	74.273	148.98	687.01
B.S	42017	3947.3	29408	39270	42232	45059	52416
B.Cl	1112.8	1308.7	0	218.42	599.93	1641.5	10160
B.K	999.14	1214.5	21.202	223.87	504.16	1306.6	9877.8
B.Ca	1311.2	432.84	386.08	993.95	1294.3	1582.6	2969.2
B.Ti	42.026	39.503	0	14.039	28.778	59.271	244.30
B.V	0.543	1.144	0	0	0	0.647	16.632
B.Cr	0.555	0.818	0	0	0.155	0.854	6.446
B.Mn	0.961	1.75	0	0.054	0.659	1.313	39.32
B.Fe	28.023	14.752	10.018	17.881	23.721	33.867	140.63
B.Co	0.368	0.551	0	0	0.081	0.592	5.192
B.Ni	0.579	0.678	0	0	0.373	0.969	7.69
B.Cu	10.362	16.499	2.527	6.754	8.251	10.51	435.14
B.Zn	206.24	77.549	53.09	170.40	194.92	225.80	1018.5
B.Ga	0.751	0.726	0	0.048	0.665	1.176	5.735
B.As	0.181	0.516	0	0	0	0	4.495
B.Se	0.859	0.785	0	0.164	0.761	1.312	6.516
B.Br	11.272	9.311	0.543	5.356	8.543	13.966	93.799
B.Rb	1.934	2.723	0	0.395	1.176	2.384	32.927
B.Sr	2.738	2.462	0	1.134	2.247	3.517	19.295
B.Nb	0.583	1.009	0	0	0	0.857	9.687
B.Mo	0.978	1.812	0	0	0.3	1.358	26.992
B.Ag	0.746	3.077	0	0	0	0	39.929
B.I	29.721	74.551	0	0	0	26.15	1013.9
B.Hg	1.781	1.993	0	0	1.345	2.826	23.066
B.Pb	3.272	9.189	0	0.542	1.502	3.354	200.23

## (b) 1ヶ月の母

variable	Mean	SD	Min	25%	Median	75%	Max
M.Na	134.55	118.26	0	64.342	112.81	170.16	1116.9
M.Mg	55.898	54.758	0	9.317	44.019	83.359	324.12
M.Al	38.646	45.19	0	0	20.44	68.752	252.66
M.Si	320.69	863.29	0	134.82	213.40	326.03	23693
M.P	101.99	104.36	0	3.449	77.298	160.92	577.80
M.S	46422	4483.6	30046	43522	46270	49517	58738
M.Cl	388.57	760.55	0	0	77.632	417.07	6906.0
M.K	374.25	526.24	2.557	81.438	179.96	428.09	3410.4
M.Ca	1883.4	1241.7	323.08	989.09	1505.4	2448.7	7924.0
M.Ti	34.153	74.643	0	11.611	22.265	40.183	1960.6
M.V	0.807	2.337	0	0	0	1.203	60.352
M.Cr	0.561	0.778	0	0	0.154	0.96	4.104
M.Mn	0.904	2.875	0	0	0.442	1.193	65.562
M.Fe	17.213	8.317	4.354	12.201	15.012	19.783	89.928
M.Co	0.481	0.669	0	0	0.182	0.773	5.224
M.Ni	1.69	5.429	0	0.237	0.74	1.531	96.624
M.Cu	36.955	49.879	5.262	17.455	24.003	37.549	718.73
M.Zn	294.03	255.54	42.069	206.49	253.66	299.97	4654.3
M.Ga	0.677	0.999	0	0	0.146	1.104	8.075
M.As	0.314	0.645	0	0	0	0.262	3.481
M.Se	0.75	0.775	0	0	0.567	1.246	4.164
M.Br	15.34	30.796	0.033	3.978	6.919	13.712	503.20
M.Rb	2.988	7.547	0	0.275	0.914	2.509	129.53
M.Sr	8.851	7.527	0	3.288	6.817	12.278	49.274
M.Nb	0.7	1.18	0	0	0	1.015	7.518
M.Mo	1.161	1.744	0	0	0.146	1.897	10.331
M.Ag	1.49	6.424	0	0	0	0	115.01
M.I	0.831	6.203	0	0	0	0	90.708
M.Hg	4.257	2.945	0	2.069	3.889	6.025	20.979
M.Pb	5.805	7.03	0	1.713	3.77	7.674	77.273

## (c) 10ヶ月の子供

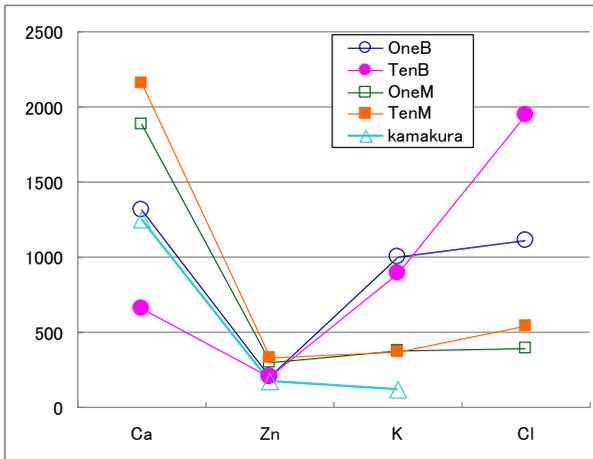
variable	Mean	SD	Min	25%	Median	75%	Max
1OB.Na	162.29	170.97	0	53.886	120.67	210.13	1899.6
1OB.Mg	36.523	43.007	0	0	20.384	58.327	224.80
1OB.Al	90.155	54.066	0	50.573	87.627	123.63	391.65
1OB.Si	119.58	60.016	0	83.438	114.42	147.45	995.77
1OB.P	97.464	95.75	0	15.834	80.393	148.64	887.65
1OB.S	44293	3909.8	28412	42055	44139	46148	62667
1OB.Cl	1943.2	1867.9	0	599.43	1410.5	2702.1	12947
1OB.K	888.02	967.06	55.289	250.95	489.28	1209.6	7112
1OB.Ca	656.46	437.31	143.76	406.97	540.42	732.00	4813.9
1OB.Ti	42.521	42.041	2.031	17.866	30.218	48.574	521.96
1OB.V	0.519	0.927	0	0	0	0.708	6.308
1OB.Cr	0.536	0.848	0	0	0.208	0.804	8.797
1OB.Mn	0.8	1.646	0	0.075	0.63	1.181	43.795
1OB.Fe	20.547	9.41	7.432	14.283	18.135	23.931	75.356
1OB.Co	0.522	0.58	0	0	0.359	0.823	3.72
1OB.Ni	1.072	2.102	0	0.274	0.722	1.284	39.368
1OB.Cu	20.901	20.967	6.099	12.105	15.407	21.836	312.31
1OB.Zn	205.49	200.96	9.45	111.66	182.34	248.38	4421.6
1OB.Ga	1.312	1.031	0	0.694	1.193	1.714	17.746
1OB.As	0.274	0.553	0	0	0	0.312	3.463
1OB.Se	0.441	0.595	0	0	0.21	0.727	6.66
1OB.Br	17.022	13.388	1.47	7.846	13.446	21.761	175.47
1OB.Rb	2.873	3.517	0	0.726	1.799	3.776	48.532
1OB.Sr	2.085	2.727	0	0.52	1.184	2.66	25.689
1OB.Nb	0.436	0.681	0	0	0.025	0.674	3.44
1OB.Mo	0.704	1.133	0	0	0.146	1.083	11.61
1OB.Ag	0.357	1.572	0	0	0	0	25.187
1OB.I	0.866	10.521	0	0	0	0	210.26
1OB.Hg	1.896	1.677	0	0.394	1.661	2.898	9.487
1OB.Pb	3.723	4.834	0	0.944	2.32	4.659	37.418

## (d) 10ヶ月の母

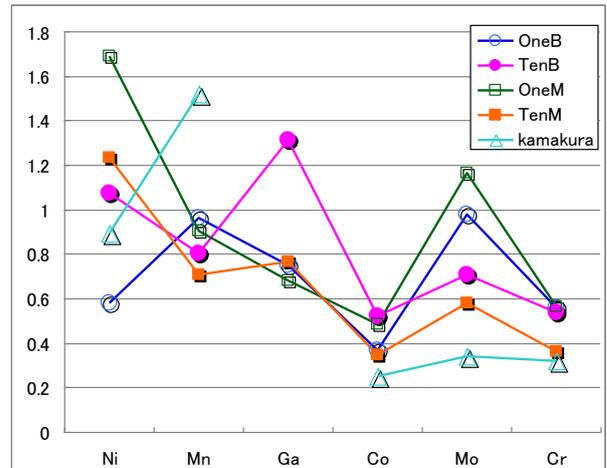
variable	Mean	SD	Min	25%	Median	75%	Max
1OM.Na	178.54	173.7	0	77.644	131.35	225.46	1573.5
1OM.Mg	49.372	52.855	0	0.887	34.952	79.996	355.04
1OM.Al	50.468	45.914	0	12.77	42.125	75.396	402.44
1OM.Si	282.96	579.53	0	88.006	164.49	284.85	9527.6
1OM.P	55.831	100.09	0	0	0	78.016	571.15
1OM.S	44866	5087.5	26557	41435	44648	48196	59035
1OM.Cl	536.65	959.23	0	0	170.90	615.53	7474.3
1OM.K	365.02	478.42	2.351	106.65	207.11	396.95	4658.5
1OM.Ca	2153.6	1337.6	259.88	1095.9	1831.7	2970.5	7958.5
1OM.Ti	36.86	48.21	0	14.077	24.649	42.753	800.91
1OM.V	0.7	3.335	0	0	0	0.752	64.027
1OM.Cr	0.362	0.549	0	0	0.005	0.594	3.575
1OM.Mn	0.704	1.343	0	0.056	0.492	1.014	33.32
1OM.Fe	15.871	14.334	4.661	10.949	13.672	17.561	366.35
1OM.Co	0.347	0.49	0	0	0.066	0.609	2.936
1OM.Ni	1.23	2.764	0	0.148	0.611	1.242	40.077
1OM.Cu	35.343	55.594	2.868	16.469	22.275	33.421	721.22
1OM.Zn	330.56	259.05	23.633	216.96	261.71	329.99	2703.7
1OM.Ga	0.767	1.006	0	0	0.46	1.18	9.78
1OM.As	0.232	0.532	0	0	0	0.099	4.408
1OM.Se	0.908	0.75	0	0.219	0.846	1.405	3.854
1OM.Br	21.671	110.41	1.297	4.414	7.571	15.849	2735.9
1OM.Rb	4.496	28.607	0	0.378	1.151	2.824	711.80
1OM.Sr	11.31	8.276	0	4.748	9.741	16.274	46.277
1OM.Nb	0.444	0.8	0	0	0	0.635	8.044
1OM.Mo	0.581	1.01	0	0	0.061	0.868	12.626
1OM.Ag	0.482	7.712	0	0	0	0	167.32
1OM.I	0.14	4.053	0	0	0	0	117.04
1OM.Hg	3.52	2.519	0	1.729	3.466	4.84	19.635
1OM.Pb	4.187	7.395	0	1.111	2.338	4.434	94.999

図 1

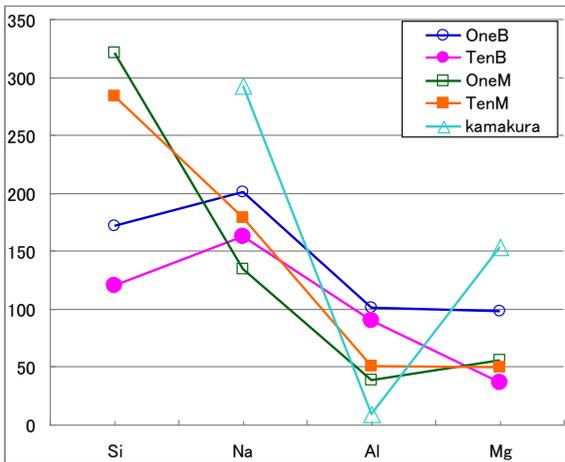
(a) Ca, Zn, K, Cl



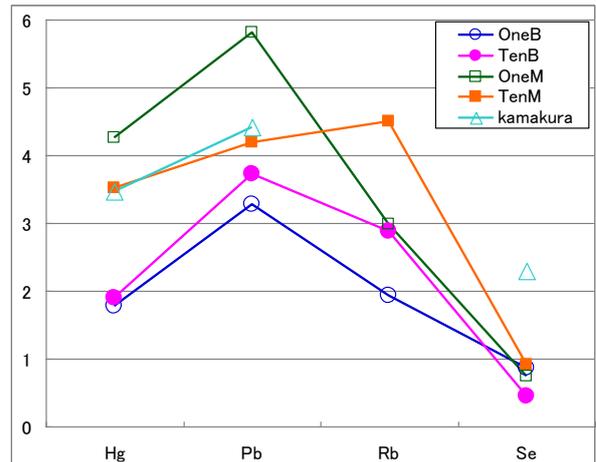
(d) Ni, Mn, Ga, Co, Mo, Cr



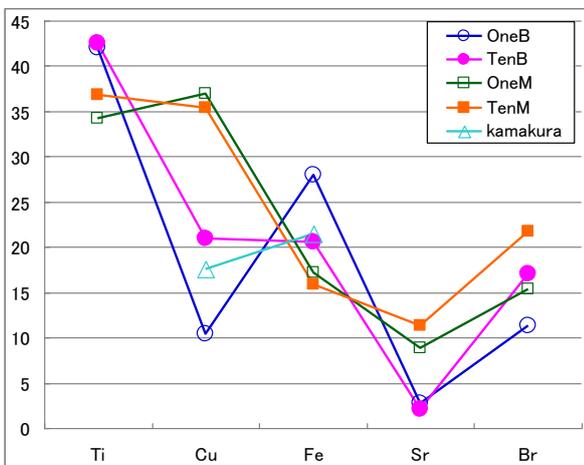
(b) Si, Na, Al, Mg



(e) Hg, Pb, Rb, Se



(c) Ti, Cu, Fe, Sr, Br



### 3 結果と考察

#### 3.1 代表値と散布度

表1(a)、(b)、(c)、(d)はそれぞれ1ヶ月の子供、1ヶ月の母、10ヶ月の子供、10ヶ月の母のミネラル毎の平均(Mean)、標準偏差(SD)、最小値(Min)、25%点(Q1)、中央値(Median)、75%点(Q3)、最大値(Max)の値を示す。群間での中央値を比較するためにグラフ化した(図1)。ただし、ミネラル間での値の違いが大きいため、5つのグループ{Ca, Zn, K, Cl}、{Si, Na, Al, Mg}、{Ti, Cu, Fe, Sr, Br}、{Hg, Pb, Rb, Se}、{Ni, Mn, Ga, Co, Mo, Cr}に分けて表示した。比較のために、Kamakura(1983)の表から女性の中央値を抜粋し表示した。なおSは個人ごとに見てもほぼ一定値(変動計数が0.0001以下)なので、表示していない。Znもほぼ一定であることが図から分かる。母の方が子より大きい傾向にあるミネラルは、Ca、Si、Cu、Sr、Hg、Pb、Niであり、逆に子の方が母より大きい傾向にあるミネラルは、K、Cl、Al、Tiである。同じく母子の出産直後のミネラル量を比較したDi Toro et al.(1994)では、子の方が母より大きいミネラルとして、Cr、Mn、Feを上げている<sup>9)</sup>。このように本研究の結果と全く異なった理由として、Di Toro et al.(1994)の対象が32対の母子と少ないこと、及び中央値ではなく平均値の比較であることが考えられる。一方、母子ともに1ヶ月の方が10か月より大きいあるいは小さい傾向にあるミネラルは無い。4群ともkamakura(1983)より大きいミネラルはK、Al、Co、Mo、Crがあり、逆に小さいミネラルはNa、Mg、Se、Mnがある。Kは子の方が大きい傾向にある。Clは1ヶ月の方が大きい傾向にある。平均値についても同様のグラフを作成したが、中央値のグラフとほぼ同様の傾向を示した。

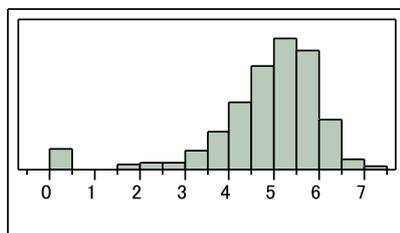
#### 3.2 ヒストグラム

対数変換されたミネラル量のヒストグラムを図2(子)及び図3(母)に示す。但し、現在のPIXE法の検出限界は1ppm程度ということなので、1ppm以下は1と置き換えて対数変換したので、0は1ppm以下を意味する。

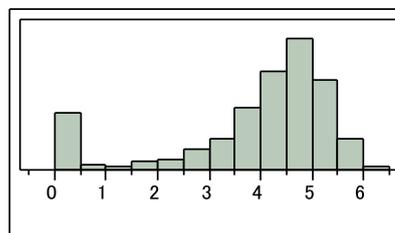
1ヶ月の分布のみ示しており、10ヶ月の分布はほぼ同様なので省略した。0の値の無いミネラルはCa、S、K、Cu、Fe、Zn、Brで母子に共通している。一方、中央値が0、即ち50%以上が1ppm以下のミネラルはV、Cr、Mn、Co、Ni、Ga、As、Se、Nb、Moが母子共通で、Rbは母だけが該当する。0を除く(1ppmより大きい測定値に限る)と、近似的に正規分布するミネラルとして母子共通してNa、Al、P、Cl、Mg、Si、Iが該当するが、これらの元素は自然由来と考えられる。最後に、0が大半で、0を除いた分布が正規ではない元素As、Se、Rb、Nb、Ag、Hg、Sr、Mo、Pbは、個人ごとの生活習慣に起因すること考えられる。これらの元素も母子に共通する。

図2 1ヶ月の子の毛髪ミネラル量分布

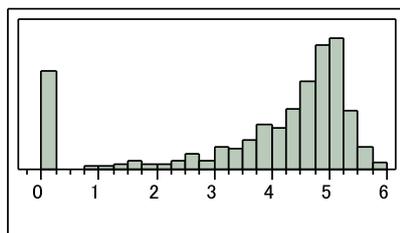
B.Na



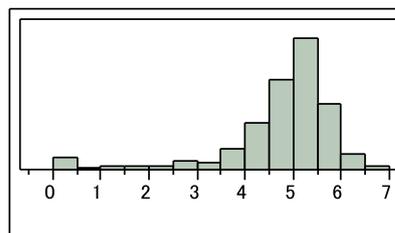
B.Mg



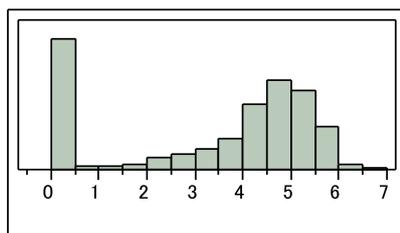
B.Al



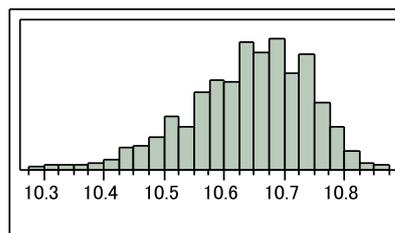
B.Si



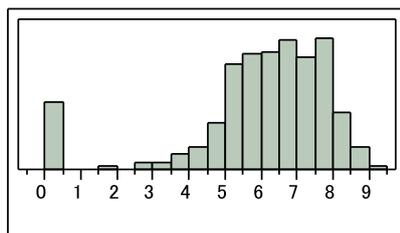
B.P



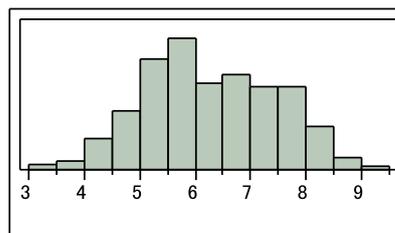
B.S



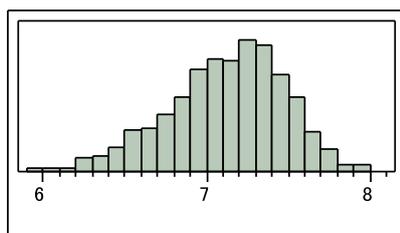
B.Cl



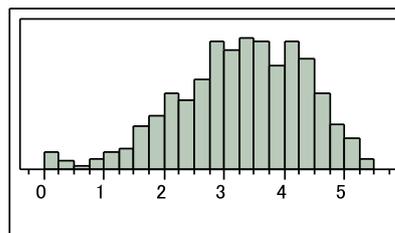
B.K



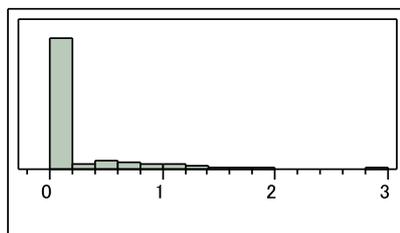
B.Ca



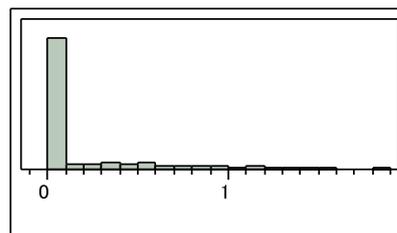
B.Ti



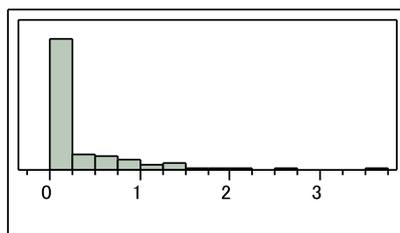
B.V



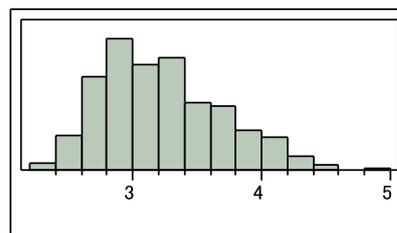
B.Cr



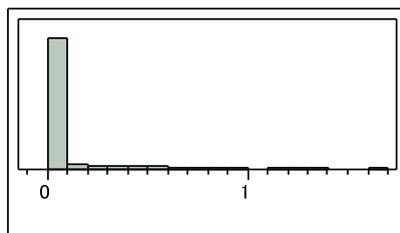
B.Mn



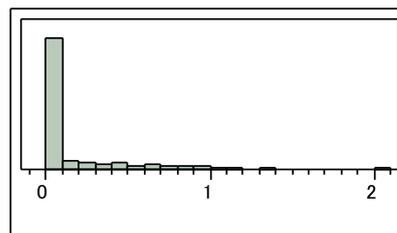
B.Fe



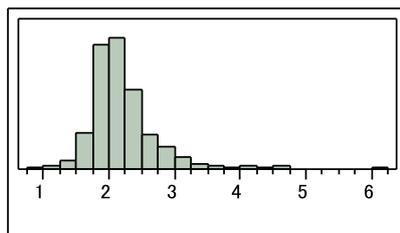
B.Co



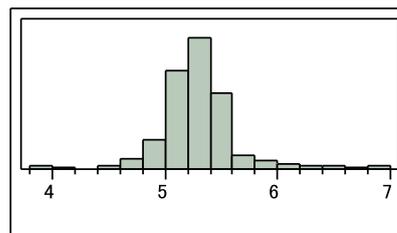
B.Ni



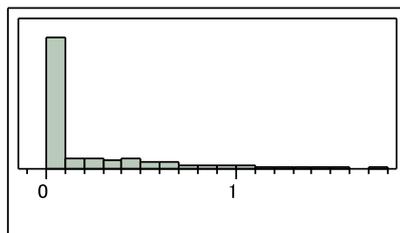
B.Cu



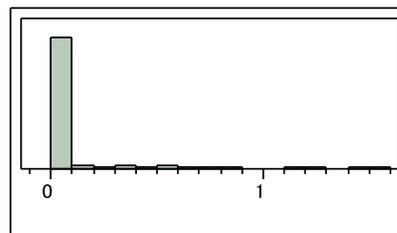
B.Zn



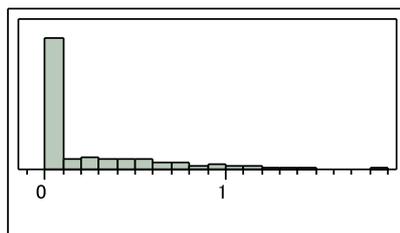
B.Ga



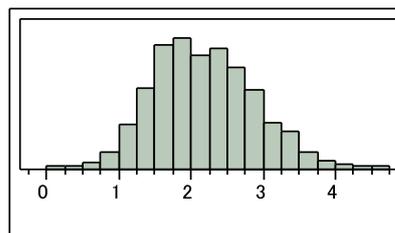
B.As



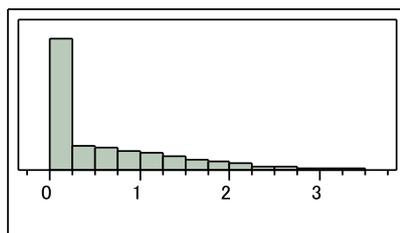
B.Se



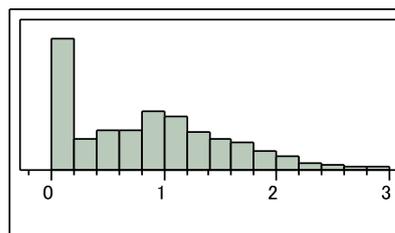
B.Br



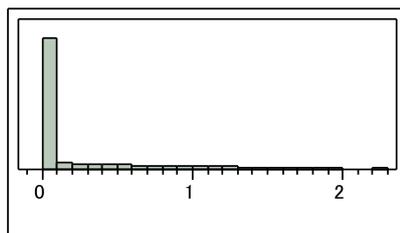
B.Rb



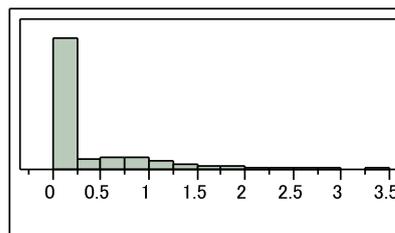
B.Sr



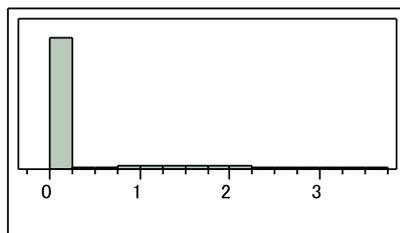
B.Nb



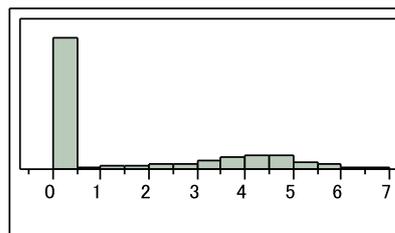
B.Mo



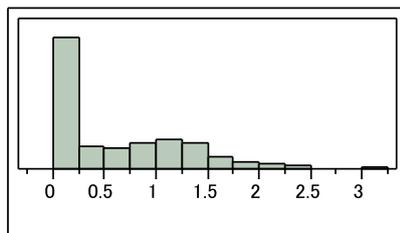
B.Ag



B.I



B.Hg



B.Pb

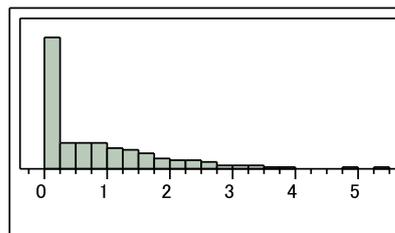
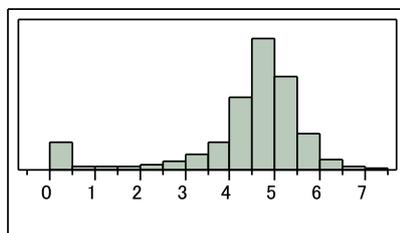
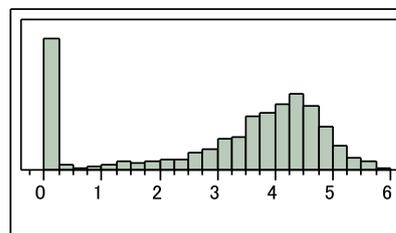


図3 1ヶ月の母の毛髪ミネラル量分布

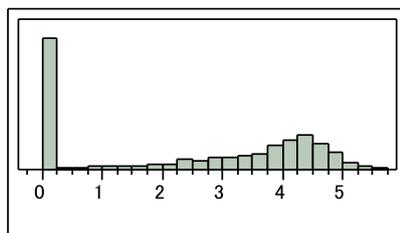
M.Na



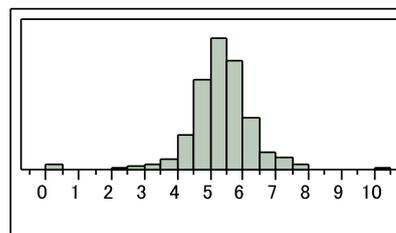
M.Mg



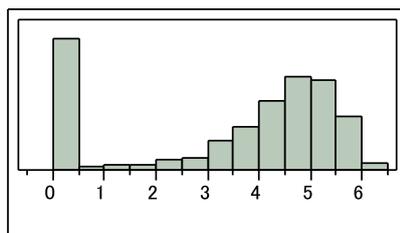
M.Al



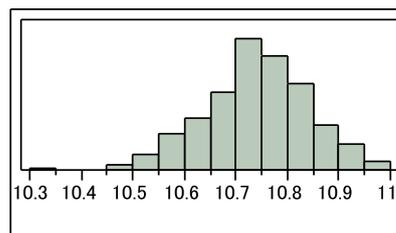
M.Si



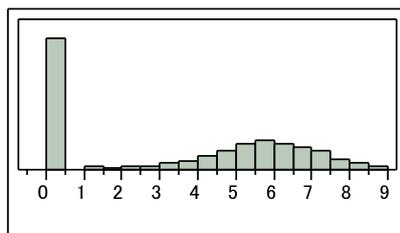
M.P



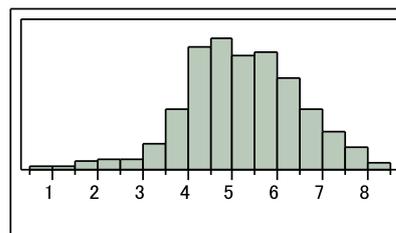
M.S



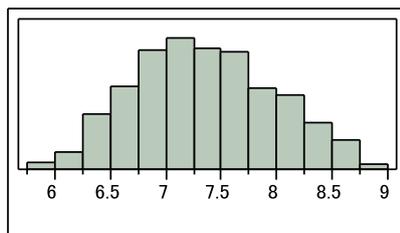
M.Cl



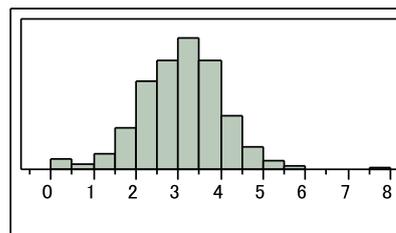
M.K



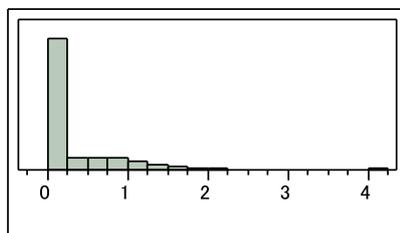
M.Ca



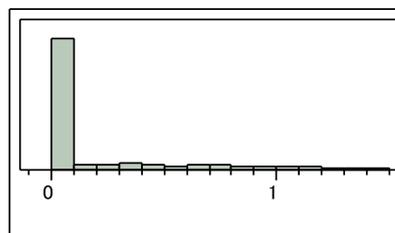
M.Ti



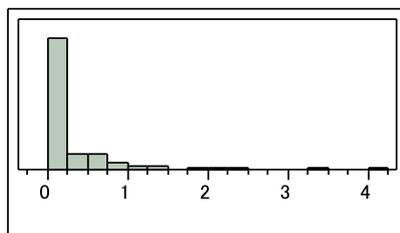
M.V



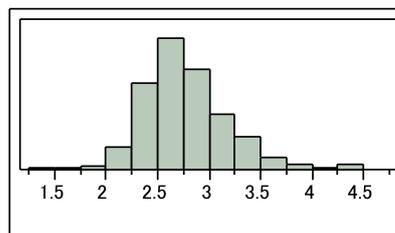
M.Cr



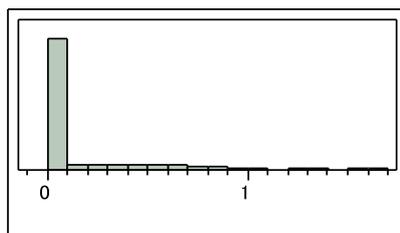
M.Mn



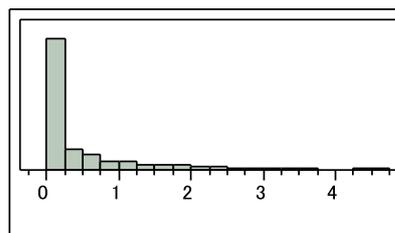
M.Fe



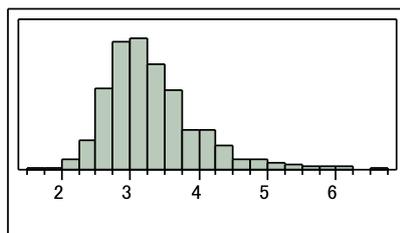
M.Co



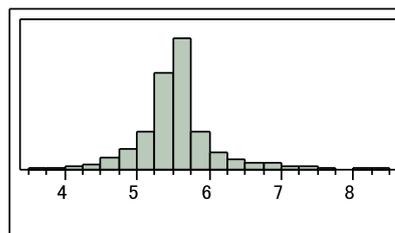
M.Ni



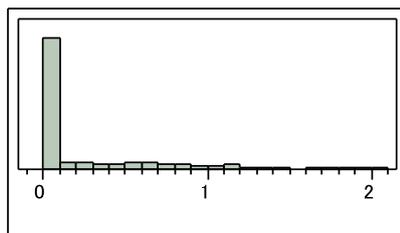
M.Cu



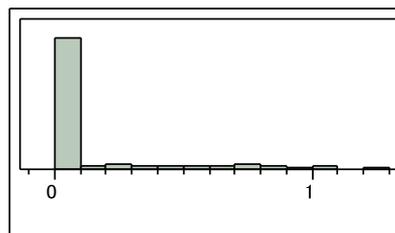
M.Zn



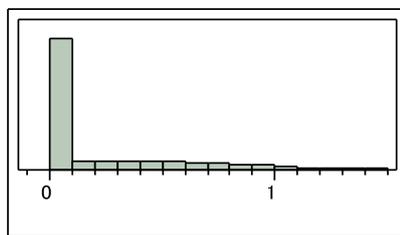
M.Ga



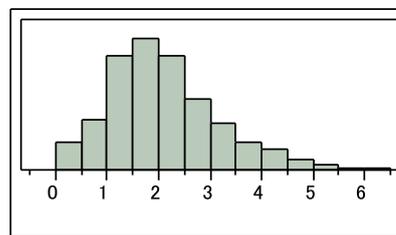
M.As



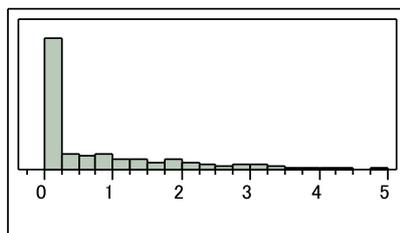
M.Se



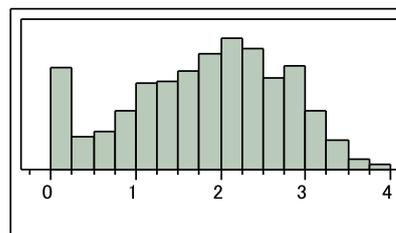
M.Br



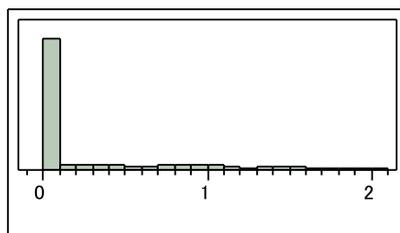
M.Rb



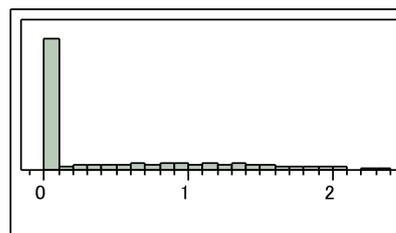
M.Sr



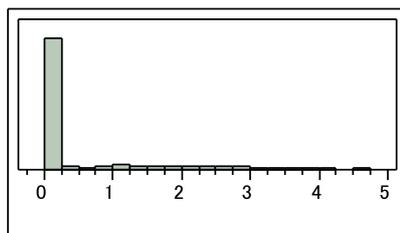
M.Nb



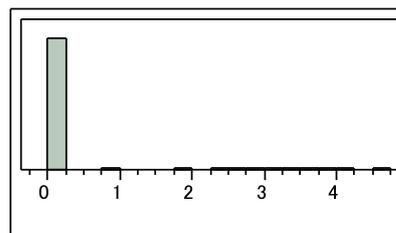
M.Mo



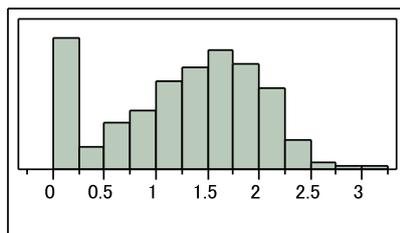
M.Ag



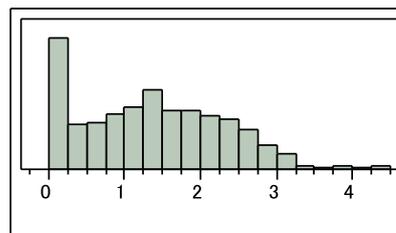
M.I



M.Hg



M.Pb



### 3.3 散布図

次に母子それぞれの1カ月と10カ月の関連をみるために、散布図を作成した(図)。但し1ppm以下にかなりの頻度で集中しているミネラルについては、散布図では重なりが多くなり実際の頻度がみにくくなるので、離散化して分割表で示した。子の散布図を見ると、S、Ca、K、Fe、Zn、Cuのように、毛髪中濃度が高く右上に塊を作り高い再現性を示唆する元素がある。一方、Caより軽い元素の中には平均値は150ppm以上あるのに、1ppm以下と測定される例が小さい割合ながら存在する元素Na、Mg、Al、Si、Clがある。これらの元素については、10カ月間における毛髪中での量の大きな変動が考えられるので、再現性を高めるための工夫が必要と考える。Caより重い元素の中には残りの元素が検出限界値である1ppm以下が稀な元素Ti、Brと1ppm以下が大半の元素Sr、Pbがあるが、ともに再現性の観点からは、変動要因を特定するため実験的研究が必要と考える。母の散布図も同様の傾向を示している。一方、1ppm以下が多数存在する元素のために作成した分割表をみると、いずれも再現性についてはかなり悪いが、対角線に関し対称に近い元素と非対称の元素に分類される。子については、非対称の元素はCo、Ni、Ga、Se、I、Hgとあり、原因として母乳、人工乳の違いが考えられる(合阪)<sup>10)</sup>。一方、母については非対称の元素はAl、P、Cl、Ga、Se、Ag、Iがあり、これらについては10か月間の食事の影響が考えられるので、食事に関するアンケート調査結果を用いて、影響を考慮した統計解析を行う予定である。

### 参考文献

- 1) Kuroda et al. Epidemiological Assessment of Significance for hair Minerals Measured by PIXE Method. Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science Vol II, WCECS 2010, October 20-22, 2010, San Francisco, USA
- 2) Saunders, T. et al. Effect of Biological Variability Incidental to PIXE-Hair Minerals on Risk Analysis of Atopic Dermatitis, Biometrie und Medizinische Informatik Greifswalder Seminarberichte Vol. 18, 127-139, 2011.
- 3) 津金昌一郎 小児発達期における毛髪内微量元素プロフィールについて 日衛誌 40巻 619-626, 1985.
- 4) Kamakura, H. A study of the characteristics of trace elements in hair of Japanes –Reference values and the trace elements patterns for determining normal levels, Japanese J. Hygiene Vol. 38, 823-838, 1983.
- 5) 尾立純子他 女子学生の毛髪中ミネラルの一考察 生活衛生 47巻 269-275, 2003
- 6) 西島重光 妊婦の毛髪ならびに血清ミネラル濃度に関する研究 日医大誌 53巻 225-241, 1986.
- 7) Zaichick, S., Zaichick, V. The scalp hair as a monitor for trace elements in biomonitoring of atmospheric pollution. International J. Environment and health Vol. 5, 106-124, 2011.
- 8) Senofonte O., Violante, N., et al. Assessment of reference values for elements in human hair of urban school boys, J. Trace Elements Med. Biol. Vol. 14, 6-13, 2000.
- 9) Di Toro, R. et al. Trace metals in the hair of mother-neonates pairs. Trace Elements and Electrocytes Vol. 11, 169-171, 1994.
- 10) 合阪幸三 母乳に含まれる微量元素とその意義 日本母乳哺育学会雑誌 2巻 2-9, 2008

### 謝辞

九州大学医学部、福岡市医師会、福岡市役所そして乳幼児健診受診時に毛髪を提供頂いた約1000組の母子に感謝いたします。

**PIXE analysis of mothers' and infants' hairs collected at medical checkups held  
in Fukuoka city  
4<sup>th</sup> report: reference values**

T. Saunders<sup>1</sup>, S. Kuroda<sup>1</sup>, T. Yamada<sup>2</sup>, S. Goto<sup>3</sup>,  
T. Takatsuji<sup>1</sup>, T. Nakamura<sup>1</sup>, K. Sera<sup>4</sup> and Y. Nose<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Science and Engineering, Nagasaki University  
1-14 Bunkyo-machi, Nagasaki 852-8521, Japan

<sup>2</sup>Mie University Graduate School of Medicine  
2-174 Edobashi, Tsu, Mie 514-8507, Japan

<sup>3</sup>Nishina Memorial Cyclotron Center, Japan Radioisotope Association  
348-58 Tomegamori, Takizawa, Iwate 020-0173, Japan

<sup>4</sup>Cyclotron Research Center, Iwate Medical University  
348-58 Tomegamori, Takizawa, Iwate 020-0173, Japan

<sup>5</sup>Graduate School of Health Sciences, Kumamoto Health Sciences University  
325 Izumi-machi Kumamoto 861-5598, Japan

**Abstract**

Although the incidence of atopic dermatitis (AD) was rare before the 1945, it has steadily increased to become a major health concern. According to a Japanese report from the Ministry of Health, Labour and Welfare, the number of AD patients in 2002, 2005 and 2008 were 280,000, 380,000 and 1,400,000, respectively. The itching caused by the irritation can be so severe as to prevent patients from leading productive lives and has even led to suicides. Unfortunately, neither preventive measures nor effective treatments have been established. The objective of this study was to determine the possible relationships between AD and the concentration of minerals in the hair of infants and mothers, as measured by the PIXE method.

PIXE was the only possible method to measure neonate hair minerals, since some of them had too few hair strands to apply the ICP method. We have completed PIXE measurements of hairs sampled at both one and ten month regular infant checkups of 842 mother-infant pairs. These PIXE measurements were linked to a detailed clinical examination results, a dietary questionnaire and any diagnosis of AD performed by pediatricians at the ten month check up.

Though journals were founded as far back as 30 years ago to examine the medical application of hair minerals, reference values for these minerals have not been well documented. The distribution of hair minerals can depend on such factors

as sex, age, race, hair analytes preparation method, subject's health condition and environment. To enhance clinical applications of the use of hair minerals, a greater data base and a deeper statistical consideration regarding the distribution of hair minerals of healthy subjects are required. Thus, this study reports reference values calculated from healthy mother-infant pairs in Fukuoka, a Japanese non-industrial city with mild temperatures and typical four seasons. The results show that no subjects were found to have unusually large amounts of any harmful minerals such as Hg, As, or Pb. Mothers showed higher amounts of Ca, Si, Cu, Sr, Hg, Pb and Ni than infants. On the other hand, infants showed higher amount of K, Cl, Al and Ti than mothers. These findings were inconsistent with those of Di Toro's (1994) 42 mother-neonate pairs. The reference values determined from our data also disagree with those of other reports concerning most minerals. We hope to clear up these discrepancies in future reports to provide unified results that can aid in the prevention and treatment of AD.