

平成 21 年 7 月 14 日現在

研究種目：基盤研究（C）  
 研究期間：2007 ～ 2008  
 課題番号：19500676  
 研究課題名（和文） 非侵襲的方法による日中韓小児の微量元素の摂取と栄養に関する研究  
 研究課題名（英文） Nutritional study on the trace elements for children in Japan, China and Korea by the food duplicate method and hair monitoring  
 研究代表者  
 渡辺 孝男（WATANABE TAKAO）  
 宮城教育大学・教育学部・名誉教授  
 研究者番号：20004608

## 研究成果の概要：

日中韓園児の食事と毛髪検体の微量元素・ミネラル類を測定、実態と公衆栄養、環境汚染上の課題を検討。(1) As, Cd, Pb, Cr, Li, Mo, V と Cu 等ミネラル類の摂取量に地域変動がある。(2) 毛髪濃度は Ni, Pb, Cu, Fe, Mn, Ca, Mg では女児が男児より高値。Cd, Cr, Mo, V も類似傾向。Na, K は男児が高値。(3) As, Cd, Pb, Ni, V の毛髪濃度に地域変動がある。(4) 元素の摂取量と毛髪濃度の関係は個人、幼稚園単位で共に一様でない。Cd, V, Cu は正相関傾向、As, Li, P, K は負の逆相関傾向を示す。理由の検討が必要。(6) 毛髪 Hg 濃度は日本が韓国、中国園児よりも著明に高値を示す。

## 交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,700,000	810,000	3,510,000
2008年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

## 研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：生活科学・食生活学

キーワード：食と環境

## 1. 研究開始当初の背景

小児の健康管理は発育発達期を通じた重要な課題であるが同時により望ましい発育発達への到達はその後の成人期から高齢期における高い健康水準の維持増進を図るためにも大変重要な要件となる。食環境は発育発達に密接し、生活習慣病の予防にも大きな影響を持っていることは明らかである。日本

では少子化や保育環境の充足が大きな課題であるが、アジアの多くの国では人口増大、開発と工業化による経済発展に伴う負の面の貧富の拡大と環境汚染による健康への影響等が課題となる。小児期は環境に最も鋭敏な時期であり、食・生活環境の悪い影響を最も強く受けることが懸念される。

1970年代以降、国際的に微量元素や環境汚

染重金属による慢性健康障害への取り組みが公衆栄養学や環境科学・中毒学での研究対象となってきた。微量元素は栄養、非栄養および汚染を問わず環境由来であり、物質循環および食物連鎖により飲食物を介して生体に摂取され、代謝機構への関与や組織・器官への蓄積の結果として慢性的な健康影響を生むことになる。必須微量元素の欠乏や汚染微量元素の健康影響に関する多くの研究成果が蓄積されて来たが、一般生活環境における微量元素と健康影響についての量-影響/反応関係にはまだ不明が多い。とくに小児では調査研究の手法上多くの制約もあり十分な調査、検討が深められていない。報告者らは1970年代後半から日本人およびアジア地域の一般住民を対象に個人レベルでの微量元素の摂取量と栄養を陰膳実測法の食事調査により研究を行っている。2000年から小児の微量元素摂取状況を成人と対比すべく同一の陰膳実測法を用い日本および中国・韓国の幼稚園児を対象に進めている。

成人では微量元素の栄養状態は血液や尿中濃度等による評価・検討は一般的であるが小児では一般生活環境下での血液による観察や評価の実施は困難であり、それに替わる方法が求められる。毛髪や爪による微量元素のモニタリングは水銀等重金属による環境汚染の場面で広く行われているが、日常的な小児の健康管理に対する社会的な関心の高まりの中で毛髪による微量元素と健康障害や栄養のモニタリングが広まっている。しかし、水銀等の特定の元素を除けばその生物学的意義・効果の評価には不明の方が多い。

以前から水銀や重金属との関係が論じられ、毛髪や爪中濃度の測定が行われて来たがその関係は明らかとなっていない。小児の健康問題に対する社会的な関心の高さは微量元素と健康障害および微量元素の

栄養について毛髪や爪を用いてのモニタリングが可能になったという見方もされ、測定に対する人々のニーズの高まりは毛髪による微量元素のモニタリングをビジネスとする企業活動も進んでいる。しかし、毛髪や爪中の微量元素値に対する評価には水銀等の特定の元素を除けばその生物学的意義・効果の評価には不明の方が多く、測定法を含め多くの検討課題がある。

## 2. 研究の目的

本研究は日中韓小児の食事調査(平成15~17年度科学研究費海外学術調査研究、研究代表:研究課題番号15406024)で収集した食事検体と毛髪等生体試料を用い、微量元素・無機質類の摂取量と栄養について検討する。

(1) 小児の発育・発達および有害性をもつ微量元素・無機質類を対象に、生体濃度(Body burden)の評価および栄養状況を食事からの摂取量と照合しながら小児に負担のかからない毛髪や爪で観察する方法(非侵襲的方法)の意義を検証し、確立すること、(2)アジア地域の小児の微量元素について、2000年代当初での毛髪濃度の実態とバックグラウンドレベルを明らかにすることを目的とする。

## 3. 研究の方法

研究材料は前述のように中国(山東省、湖南省、吉林省、陝西省、北京市の11幼稚園350名)、韓国(4幼稚園110名)および宮城県(14幼稚園、296名)の園児の食事調査で採取、保存している食事と毛髪検体である(表1)。

食事、尿中の元素測定は報告者らの既報の通り、湿式灰化による前処理後、原子吸光法(AAS)、発光分光法(ICP-AES)および質量分析法(ICP-MS)等により実施した。毛髪の元素測定は外部の民間の専門測定機関に委託し、実施した。毛髪元素の測定方法の概要

は、定法に従い洗剤、アセトン洗浄処理し、テトラメチルアンモニウム溶液で溶解処理後に質量分析法 (ICP-MS) で測定した (Yasuda, H., et al, 2005, Biomed. Res. Trace Elements 16:39-48)。

Table 1 Summary of the kindergartens by country

	Kindergarten		Date of survey
	Code	Region Site	
1	Ch01-U05	Urban Changchun city	China May 2005
2	Ch03-U04	Urban Beijing city	China Nov. 2004
3	Ch04-U05	Urban Beijing city	China Nov. 2004
4	Ch05-U05	Urban Beijing city	China Nov. 2005
5	Ch06-U04	Urban Jinan city	China Mar. 2004
6	Ch07-R04	Rural Zhangqiu county	China Mar. 2004
7	Ch08-U05	Urban Xi'an city	China Dec. 2005
8	Ch09-U05	Urban Xi'an city	China Dec. 2005
9	Ch10-U04	Urban Changsha city	China Mar. 2004
10	Ch11-R04	Rural Changsha city	China Mar. 2004
11	Ko01-U04	Urban Seoul city	Korea Sep. 2004
12	Ko02-U03	Urban Jeju city	Korea Oct. 2003
13	Ko03-R03	Rural North Jeju county	Korea Oct. 2003
14	Ko04-R03	Rural South Jeju county	Korea Oct. 2003
15	Ja00-M00	Total Miyagi pref.	Japan 2000-'04

Table 2 Summary of the anthropometries of the subjects by the kinderg

Kindergarten	Anthropometries of the subject groups									
	Code		Age (yrs)		Height (cm)		Weight (kg)		Body fat (%)	
	Sex	N	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
Boys										
1	Ch01-U05	20	5.8	± 0.7	120	± 5.8	23.1	± 5.3	17.7	± 5.6
2	Ch03-U04	20	5.1	± 0.3	117	± 5.3	20.7	± 2.7	23.1	± 4.0
3	Ch04-U05	10	5.0	± 0.0	115	± 5.1	20.5	± 3.1	21.5	± 3.6
4	Ch05-U05	10	5.0	± 0.0	117	± 6.9	22.8	± 4.6	22.5	± 6.1
5	Ch06-U04	25	4.8	± 0.4	115	± 6.3	21.0	± 3.6	22.4	± 5.0
6	Ch07-R04	20	5.5	± 0.8	113	± 5.1	20.4	± 3.6	21.8	± 5.2
7	Ch08-U05	10	5.1	± 0.3	118	± 6.1	23.9	± 5.2	22.8	± 7.5
8	Ch09-U05	10	5.0	± 0.0	115	± 2.0	21.6	± 2.7	24.0	± 3.2
9	Ch10-U04	20	5.3	± 0.5	114	± 4.0	18.3	± 2.0	17.9	± 3.5
10	Ch11-R04	20	5.1	± 0.6	111	± 5.2	18.1	± 2.2	17.4	± 4.1
11	Ko01-U04	17	5.3	± 0.6	114	± 4.9	19.8	± 3.3	21.5	± 3.9
12	Ko02-U03	19	5.7	± 0.5	118	± 3.7	23.2	± 3.9	20.6	± 6.3
13	Ko03-R03	13	5.8	± 0.4	116	± 6.9	21.7	± 4.0	19.0	± 3.0
14	Ko04-R03	7	5.6	± 0.5	117	± 6.5	23.1	± 6.6	21.7	± 4.1
15	Ja00-M01	53	4.9	± 0.8	110	± 6.4	20.5	± 4.7	16.8	± 2.8
Girls										
1	Ch01-U05	20	5.4	± 0.6	117	± 6.0	18.4	± 3.6	16.0	± 4.3
2	Ch03-U04	20	5.1	± 0.2	115	± 4.1	20.6	± 3.7	18.4	± 5.3
3	Ch04-U05	10	5.0	± 0.0	116	± 5.2	20.3	± 3.9	15.7	± 4.2
4	Ch05-U05	10	5.0	± 0.0	116	± 4.1	20.5	± 3.0	16.6	± 3.7
5	Ch06-U04	14	4.9	± 0.3	110	± 4.9	19.5	± 2.0	19.1	± 3.4
6	Ch07-R04	19	5.5	± 0.8	112	± 6.6	19.4	± 2.7	20.2	± 5.3
7	Ch08-U05	10	5.1	± 0.3	113	± 3.6	19.0	± 3.6	16.2	± 4.6
8	Ch09-U05	10	5.2	± 0.4	111	± 2.9	19.1	± 1.5	18.4	± 3.2
9	Ch10-U04	20	5.1	± 0.6	112	± 5.0	18.7	± 2.2	15.7	± 3.6
10	Ch11-R04	19	5.4	± 0.6	110	± 4.4	18.4	± 1.7	19.5	± 3.3
11	Ko01-U04	20	4.9	± 0.6	111	± 4.7	18.9	± 3.8	16.6	± 5.3
12	Ko02-U03	18	5.7	± 0.5	117	± 4.3	23.2	± 2.4	19.7	± 2.6
13	Ko03-R03	8	5.8	± 0.5	114	± 5.5	21.5	± 3.7	19.1	± 4.5
14	Ko04-R03	11	6.0	± 0.0	116	± 4.2	22.6	± 2.6	18.1	± 5.4
15	Ja00-M01	53	5.2	± 0.6	109	± 6.1	19.4	± 3.0	16.2	± 1.4

測定元素；食事検体は、微量元素としてヒ素 (As)、カドミウム (Cd)、クロム (Cr)、リチウム (Li)、モリブデン (Mo)、ニッケル (Ni)、鉛 (Pb)、セレン (Se)、バナジウム (V)、無機

質類として銅 (Cu)、鉄 (Fe)、マンガン (Mn)、亜鉛 (Zn)、カルシウム (Ca)、マグネシウム (Mg)、りん (P)、ナトリウム (Na)、カリウム (K) である。毛髪検体は食事検体と共通した元素の他に水銀 (Hg)、アルミニウム (Al)、ブロム (Br)、ヨウ素 (I)、ベリリウム (Be)、ホウ素 (B)、コバルト (Co)、ゲルマニウム (Ge) について測定した。

調査成績の整理：対象園児の性、年齢、体位と一日の食事元素摂取量、毛髪元素濃度を一体化し、幼稚園、性、年齢層別に整理、検討を行った。

#### 4. 研究成果

##### (1) 微量元素の摂取量と毛髪中濃度の関係

As, Cd, Cr, Li, Mo, Ni, Pb, Se, V の 9 元素について食事からの 1 日摂取量と毛髪中濃度の関係を中国 8 幼稚園 153 名、韓国 3 幼稚園 75 名の成績を得た。日本園児は食事のみで毛髪検体は別に採取した。

Table 3 Dietary intakes of the trace elements for the children by sex and the kinderg

Kindergarten	Dietary intakes of the trace elements (ug/day, Geometric Mean)										
	Sex		As	Cd	Cr	Li	Mo	Ni	Pb	Se	V
	No.	Code	N	GM	GM	GM	GM	GM	GM	GM	GM
Boys											
1	Ch03-U04	20	3.5	10.5	0.7	16.0	26	33	14.1	12.0	3.5
2	Ch04-U05	8	3.3	19.6	0.3	11.1	9	22	13.3	12.0	3.6
3	Ch05-U05	10	8.2	8.2	0.1	9.3	17	28	10.0	9.6	2.5
4	Ch07-R04	9	1.3	6.6	0.2	7.7	13	15	13.7	3.9	0.3
5	Ch08-U05	9	3.8	6.2	9.5	7.5	35	85	14.7	5.9	4.4
6	Ch09-U05	9	5.5	9.2	17.1	11.5	4	27	16.3	4.5	8.3
7	Ch10-U04	11	5.0	25.3	9.8	2.3	23	7	15.0	3.2	5.3
8	Ch11-R04	6	4.0	28.8	7.1	1.4	15	18	15.1	1.5	3.3
9	Ko02-U03	19	8.5	21.4	16.8	13.1	24	43	5.0	15.4	15.5
10	Ko03-R03	12	7.7	10.2	16.0	7.6	32	49	5.8	13.8	12.9
11	Ko04-R03	8	9.6	12.6	11.6	6.3	29	33	5.9	15.5	12.5
12	Ja01-M01	53	35.9	11.9	0.2	1.9	89	42	2.0	13.8	0.1
Girls											
1	Ch03-U04	20	3.4	10.3	0.3	14.3	27	31	12.6	14.3	4.0
2	Ch04-U05	10	2.2	16.4	0.3	9.2	6	9	15.1	11.1	1.9
3	Ch05-U05	8	9.1	5.6	0.1	7.8	17	21	6.4	10.0	2.5
4	Ch07-R04	7	1.0	12.8	0.6	3.2	28	20	19.1	4.4	0.5
5	Ch08-U05	5	3.1	7.1	2.9	6.4	23	71	17.0	5.3	3.5
6	Ch09-U05	10	4.8	7.9	17.5	9.7	48	28	13.3	4.6	8.5
7	Ch10-U04	5	3.5	19.7	7.3	0.1	26	15	11.0	3.5	1.5
8	Ch11-R04	5	5.5	22.9	12.2	2.0	16	29	17.2	5.1	3.7
9	Ko02-U03	18	9.6	19.5	12.6	19.6	19	56	4.5	16.3	12.0
10	Ko03-R03	8	11.1	14.0	14.6	7.9	42	53	7.4	14.6	13.8
11	Ko04-R03	11	7.9	10.6	22.9	4.0	31	47	5.8	12.3	15.4
12	Ja01-M01	53	26.0	11.6	0.2	2.4	77	48	2.5	6.8	0.1

摂取量 (表 3) では、日本園児の As が中国、韓国園児の 2~3 倍の高値となっている。Cd 摂取量では中国湖南省の園児が最高で日本、韓国園児の 2~3 倍の摂取量を示す。Cr 摂取量は韓国および中国西安、湖南省園児の摂取量が最高値で、日本園児の摂取量は低値であ

る。Li は Cr 同様に日本園児の摂取量が最小である。Mo 摂取量は日本園児の摂取量は韓国、中国の 2 倍ほど高値である。Ni 摂取量は日韓が同レベルで、中国幼稚園児の大部分よりも高値である。Pb は中国が韓国の 3 倍、日本の数倍と高い。Se は韓国の摂取量が日本、中国よりも高値を示す。V も韓国園児の摂取量は中国の 2 倍以上の高値である。日本園児の V 摂取量は非常に少ない。日本園児は Pb, Cr, V の摂取量がいずれも中国、韓国に比較しかなり低値である。なお、いずれの微量元素とも日中韓全体として摂取量は個人間、幼稚園間ともに大きな変動が認められる。

毛髪濃度(表 4)は摂取量以上に個人間変動が大である。Ni, Pb 濃度は各幼稚園児とも女児が男児よりも高値であり、他の元素もその差は大きくないが同様の傾向が見られる。

As の毛髪濃度は日本が最小で摂取量と逆である。韓国園児の As 濃度も日本と同程度に低い。中国は地域差が大で最小の北京市園児と最大の湖南省園児ではほぼ 10 倍程の差がある。Cd の毛髪濃度は韓国園児と中国の湖南省園児が著明に高濃度である。日中韓とも全体的に毛髪濃度と摂取量の傾向は一致する。

Table 4 Summary of the trace element concentrations in the hairs of the children

Kindergarten No	Sex	Element Code	Element concentrations in the hairs(ng/g, Geometric Mean)								
			As	Cd	Cr	Li	Mo	Ni	Pb	Se	V
Boys											
1	Ch03-U04	20	141	51	229	4.4	59	120	2362	500	22
2	Ch04-U05	8	100	20	123	3.1	55	126	942	510	16
3	Ch05-U05	10	166	86	200	3.2	75	211	3634	463	27
4	Ch07-R04	9	404	29	209	14.9	52	174	2515	581	47
5	Ch08-U05	9	554	76	270	2.7	123	166	3503	446	16
6	Ch09-U05	9	618	73	193	4.4	193	107	2819	423	20
7	Ch10-U04	11	582	216	342	4.0	76	372	5381	574	27
8	Ch11-R04	6	####	192	362	17.3	61	323	####	656	69
9	Ko02-U03	19	77	202	144	2.5	62	341	3439	517	61
10	Ko03-R03	12	88	180	401	4.3	53	251	5296	513	94
11	Ko04-R03	8	79	127	206	3.8	60	292	3344	536	77
12	Ja00-M04	9	69	19	94	3.2	57	130	938	610	13
Girls											
1	Ch03-U04	20	114	63	270	3.8	80	225	3525	489	40
2	Ch04-U05	10	153	41	136	3.1	83	264	3464	479	29
3	Ch05-U05	8	115	123	215	3.7	93	811	5706	463	42
4	Ch07-R04	7	546	63	176	12.2	70	387	5564	703	69
5	Ch08-U05	5	508	150	385	2.3	258	432	7016	429	31
6	Ch09-U05	10	564	94	348	6.8	418	386	5920	461	46
7	Ch10-U04	5	815	845	485	5.5	111	####	####	652	60
8	Ch11-R04	5	997	233	287	14.8	66	409	####	726	76
9	Ko02-U03	18	30	225	174	2.5	69	####	4149	463	168
10	Ko03-R03	8	32	350	386	3.8	68	####	6648	451	275
11	Ko04-R03	11	30	420	265	5.2	85	####	6041	449	434
12	Ja00-M04	11	57	14	85	2.9	54	159	487	625	14

Pb は日本の濃度が男女とも最小値で摂取量が最小値であることと対応している。Pb 濃度の最高値は中国湖南省の園児で他の園児の 2 ~ 3 倍程となっている。韓国園児の Pb 濃度は日本の数倍以上である。なお、韓国の毛髪濃度は摂取量との割合からは中国園児に比しかなり高値であり注目される。Se 濃度は他の元素と比較し日中韓の各幼稚園間で大きな相違がない。日本の毛髪濃度は高値側にある。V は女児に高い傾向を認めるが、とくに韓国女児は男児に比して著明に高値である。韓国園児は摂取量も高値であり毛髪濃度はこれとほぼ対応している。

以上の所見から、各微量元素は代謝、栄養に特異性を持ち、摂取量による評価および毛髪による評価についてはさらに追及が必要であり、また、別の指標、例えば血液や尿による検討がさらに必要と考える。

## (2) 無機質類の摂取量と毛髪濃度の関係

### ①Cu, Fe, Mn, Zn の摂取量と毛髪濃度

中国は国内幼稚園間の変動は大きく、とくに地方の農村部の摂取量は低値である。日本園児は中国農村部園児に近い低摂取量である。

Table 5 Dietary intakes of the minerals by sex and the kindergarten

Kindergarten No	Sex	Element Code	Dietary intakes of the minerals(mg/day, arithmetic mean)									
			Cu	Fe	Mn	Zn	Ca	Mg	P	Na	K	
Boys												
3	Ch03-U04	20	0.73	8.75	3.20	7.31	995	269	975	2156	1379	
4	Ch04-U05	8	0.63	8.56	1.93	7.66	690	188	756	1593	1525	
5	Ch05-U05	10	0.65	8.49	2.15	6.42	387	199	698	2518	1431	
7	Ch07-R04	9	0.53	7.33	2.02	3.84	258	118	411	1817	781	
8	Ch08-U05	9	0.97	12.82	2.81	6.67	754	224	943	2639	1901	
9	Ch09-U05	9	0.80	9.20	2.61	5.03	654	165	549	2134	1110	
10	Ch10-U04	11	0.53	10.06	2.16	5.61	460	101	539	1859	940	
11	Ch11-R04	6	0.40	4.58	1.72	3.04	114	53	241	1749	485	
13	Ko02-U03	19	0.89	5.98	2.89	8.70	656	197	978	2736	1810	
14	Ko03-R03	12	1.39	8.33	3.39	9.52	874	214	####	2513	1926	
15	Ko04-R03	8	0.98	6.69	3.40	9.85	850	210	####	2395	2043	
16	Ja00-M01	53	0.69	4.10	2.00	6.34	572	136	784	2028	1597	
Girls												
3	Ch03-U04	20	0.71	8.34	3.15	7.42	941	273	949	2176	1421	
4	Ch04-U05	10	0.57	7.33	1.73	6.49	538	169	637	1396	1275	
5	Ch05-U05	8	0.63	7.89	2.15	6.99	444	195	730	2619	1565	
7	Ch07-R04	7	0.72	11.26	2.51	4.14	308	149	426	1926	782	
8	Ch08-U05	5	0.91	11.55	2.69	5.69	570	193	782	2293	1536	
9	Ch09-U05	10	0.67	7.74	1.95	4.80	754	158	619	1799	1236	
10	Ch10-U04	5	0.43	4.71	2.18	5.13	528	86	477	2092	763	
11	Ch11-R04	5	0.48	4.46	1.42	4.50	235	72	363	2048	638	
13	Ko02-U03	18	0.95	5.87	4.19	8.33	729	219	####	2585	2012	
14	Ko03-R03	8	1.03	7.76	4.16	9.66	549	211	950	3008	1800	
15	Ko04-R03	11	0.91	5.30	2.95	7.63	614	191	965	2634	2081	
16	Ja00-M01	53	0.62	3.87	1.79	5.41	551	129	710	2002	1486	

Fe は中国園児が全体に高値である。Cu, Mn, Zn は韓国園児の摂取量が全体的に高値である。毛髪濃度は、Cu, Fe, Zn については中国、韓国の園児では女兒が男児よりも高く、性差を認める。韓国園児の Cu 濃度は日本、中国園児よりも高く、Zn 濃度も女兒は同様に高値を示す。Mn 濃度は中国湖南省園児が最も高値であり、摂取量が最高値の韓国園児よりも高い。日本の Fe, Mn 濃度は男女とも中国、韓国よりも低値である。Zn 濃度はほぼ中間的なレベルにある。

### ②Ca, Mg, P, Na, K の摂取量と毛髪濃度

中国園児の Ca 摂取量は幼稚園および地域間で共に大きな相違があるが、とくに農村部の摂取量は非常に少ない。日本園児の Ca 摂取量は中国園児の中間的レベルであり、韓国園児は高値レベルの摂取量にある。Mg 摂取量は Ca と類似の傾向を示すが、日本園児の摂取量は少なく、中国園児の低値レベルとほぼ等しい値となっている。P, Na, K の摂取量は韓国園児が最も高値であり、中国は幼稚園間の変動が大きく全体の変動幅が大きい。日本は中国の中間的な摂取量レベルとほぼ同程度の摂取量である。

毛髪濃度について、Ca と Mg は日中韓とも女兒が男児よりも高値を示し、Na と K は逆に女兒が低濃度であり、いずれも明らかに性差があることが知られる。男児の Ca 濃度は日中韓の間では余り大きな相違はないが、女兒は韓国が最大であり最小値の日本との相違は著明である。Mg 濃度も日中韓には Ca と類似するが変動があるが、韓国女兒の Mg 摂取量は中国、日本園児の約 20 倍も高い値を示し、その高値が注目される。P 毛髪濃度は他の元素と比較し、個体および幼稚園間共に変動幅が小さい。日本園児の P 摂取量は男女間に差を認めないが中国と韓国の園児は各幼稚園

とも Na, K 同様に男児の摂取量は女兒よりも高値である。韓国園児の P 摂取量は中国、日本園児よりも高値であるが毛髪濃度は逆に中国、日本園児よりも低値である。

しかし、日本の毛髪濃度は全体で男女とも最小値であり、摂取量との関係が韓国、中国園児と異なっている。Cr 濃度は日本が最小で中国、韓国の 1/2 程度。Mo 濃度は中国西安園児が最高値を示し、他の幼稚園の 2 倍以上。日本は摂取量が最大値に対し、毛髪濃度は最小レベルである。Ni は女兒が男児より高値となるが、とくに韓国女兒の高値が著明。日本の毛髪濃度は最小値を示す。

Table 6 Mineral concentrations in the hairs of the children

No	Kindergarten Sex Code	N	Mineral concentrations in the children hairs(ug/g, Geometric Mean)									
			GM	GM	GM	GM	GM	GM	GM	GM	GM	GM
Boys												
1	Ch03-U04	20	7.8	10.7	0.28	90.7	141.6	14.1	116.8	31.2	50.1	
2	Ch04-U05	8	7.8	8.5	0.21	103.7	174.8	21.3	125.9	16.1	28.5	
3	Ch05-U05	10	8.3	12.5	0.30	66.5	129.2	11.6	109.6	16.3	32.3	
4	Ch07-R04	9	7.6	25.8	0.77	111.0	206.0	22.7	111.8	80.8	100.2	
5	Ch08-U05	9	9.0	10.7	0.28	85.3	118.7	11.0	128.3	25.8	50.8	
6	Ch09-U05	9	8.7	11.9	0.32	102.7	119.8	14.0	127.1	34.6	38.4	
7	Ch10-U04	11	9.6	12.9	0.66	93.0	168.0	15.9	104.9	30.2	57.4	
8	Ch11-R04	6	9.0	41.3	1.50	86.7	163.8	20.5	105.0	56.1	81.2	
9	Ko02-U03	19	11.5	12.5	0.58	74.0	155.4	19.8	97.4	42.0	53.9	
10	Ko03-R03	12	9.8	15.3	0.80	81.3	160.5	37.5	96.1	76.9	64.7	
11	Ko04-R03	8	10.7	14.0	0.98	91.5	157.6	31.0	102.5	70.5	56.3	
12	Ja00-M04	9	9.4	7.3	0.27	84.9	144.9	9.9	96.7	18.9	32.5	
Girls												
1	Ch03-U04	20	10.6	14.0	0.32	60.7	239.5	26.2	88.2	19.2	26.1	
2	Ch04-U05	10	10.7	16.5	0.38	63.5	231.7	22.4	90.4	8.0	16.5	
3	Ch05-U05	8	14.2	21.1	0.61	75.6	509.2	52.1	93.6	4.6	8.7	
4	Ch07-R04	7	7.5	28.8	0.86	88.1	340.2	31.5	99.1	13.0	21.5	
5	Ch08-U05	5	10.6	16.2	0.57	66.5	346.1	20.2	94.2	8.0	15.5	
6	Ch09-U05	10	9.1	21.1	0.97	94.6	561.7	60.7	94.3	31.1	9.5	
7	Ch10-U04	5	17.1	28.1	1.90	107.2	488.4	30.0	86.5	15.5	44.7	
8	Ch11-R04	5	8.2	36.4	1.55	110.3	321.8	29.2	98.1	22.9	48.1	
9	Ko02-U03	18	20.4	20.4	0.80	140.2	539.7	126.8	79.7	8.7	7.7	
10	Ko03-R03	8	10.7	27.2	0.78	133.8	590.6	256.7	79.7	12.0	8.3	
11	Ko04-R03	11	25.5	26.9	1.20	168.5	873.5	220.7	77.9	7.0	6.0	
12	Ja00-M04	11	8.9	7.0	0.20	84.8	183.8	13.0	96.0	16.8	23.5	

### (3) Hg, Al, I, Br, B, Co, Ge の毛髪中濃度

毛髪濃度のみで摂取量の測定値の無い前述以外の微量元素の Hg, Al, I, Br, B, Co, Ge についても地域変動や性差が認められる (表 7)。毛髪 Hg 濃度は国際的にも水銀暴露の有効な指標として広く使用されている。本研究での日中韓園児の毛髪 Hg 濃度に地域差が認められたことは注目される。とくに、日本の濃度レベルが中国、韓国園児の数倍となっている

ことは水銀暴露の高いことが示されている。また、中国では内陸部の西安市園児が最も低値であること、湖南省園児がその数倍値を示していることは水銀暴露の地域差の存在をしめすもので、今後の研究課題ともなる。

Table 7 Summary of the other element concentrations in the hairs of the childr

Kindergarten (site)		Element concentrations in the children hairs (ng/g)								
Sex		Hg	Al	Br	I	Be	B	Co	Ge	
No	Code	N	GM	GM	GM	GM	GM	GM	GM	
Boys										
1	Ch01-U05	15	731	14209	3541	342	0.53	852	9	77
2	Ch03-U04	20	859	6752	4156	358	0.35	640	8	47
3	Ch04-U05	8	916	9538	2202	245	0.29	473	5	43
4	Ch05-U05	10	910	9479	3153	804	0.46	530	9	41
5	Ch06-U04	12	1006	12100	3217	691	0.60	1253	8	49
6	Ch07-R04	11	280	21583	4068	661	0.89	711	20	57
7	Ch08-U05	9	512	6368	2279	1123	0.30	1361	7	59
8	Ch09-U05	9	461	9549	3193	3039	0.42	2445	8	63
9	Ch10-U04	19	1769	9581	2446	1283	0.45	775	11	76
10	Ch11-R04	18	2776	34451	2724	869	1.31	871	21	71
11	Ko01-U04	16	974	7692	7707	691	0.32	786	8	75
12	Ko02-U03	19	1301	9329	9122	744	0.38	629	9	85
13	Ko03-R03	12	1638	12832	9574	1763	0.40	901	13	75
14	Ko04-R03	8	1797	11375	9638	747	0.25	717	10	69
15	Ja00-M04	9	4283	8484	7581	246	0.24	371	6	48
Girls										
1	Ch01-U05	15	918	13792	1300	853	0.74	213	23	46
2	Ch03-U04	20	1186	7574	3194	605	0.55	464	12	46
3	Ch04-U05	10	937	9602	1037	579	0.62	255	12	44
4	Ch05-U05	8	818	13768	954	911	0.70	178	32	55
5	Ch06-U04	10	1060	19549	2234	1303	0.97	616	18	50
6	Ch07-R04	11	278	24677	2746	1441	1.40	467	22	60
7	Ch08-U05	5	978	11222	1262	2630	0.54	300	13	67
8	Ch09-U05	10	530	9216	1386	6402	0.79	2494	19	76
9	Ch10-U04	19	1562	17869	1628	4193	1.37	528	42	79
10	Ch11-R04	18	1774	38413	1508	2035	1.85	708	33	75
11	Ko01-U04	20	1213	17813	4490	1526	0.57	233	18	80
12	Ko02-U03	18	1251	15375	10896	3240	0.97	196	28	101
13	Ko03-R03	8	1306	16763	11035	4356	0.80	304	33	73
14	Ko04-R03	11	1128	21945	13054	4583	1.10	261	47	76
15	Ja00-M04	11	5843	8143	4272	192	0.17	286	5	47

A1 濃度は日本小児では低値側で、韓国はその2倍以上、中国湖南省の農村部園児が最大で日本の約4から5倍となっている。地域差の存在が示唆される。Br 濃度は韓国済州の園児が男女とも高値を示し、日本はそれよりも低値であり、中国はさらに日本よりも低値を示しており、日中韓に変動がある。Br の暴露源について環境科学的な検討が必要と考えられる。I 濃度は日本のレベルが非常に低いことが注目される。中国は地域変動があり、北京が最も低値で西安、湖南が最高値となっている。韓国、中国園児では女兒の濃度が男児よりも明らかに高値であり、毛髪 I 濃度の性差が認められる。ヨウ素は小児の発育発達にも深く関係する重要な栄養素であり、摂取量についての調査が更に必要と考える。

Be、Co、両元素は中国、韓国では女兒が男児より高値を示す。地域変動も認められ、日本が最小である。B 濃度は男児が女兒よりも高値の性差を見る。地域間変動が大きい。Ge 濃度は韓国園児は日本より高値であり、中国国内では最小と最大値で2倍ほどの開きがある。

今後の課題として、食事検体によるこれら微量元素摂取量の測定がなされ、毛髪濃度との関連を検討することが必要である。また、微量元素の環境汚染に関する環境濃度等のデータを収集し、本結果との照合を進めたい。

最後に、調査・研究に当たり、京都大学・名誉教・池田正之、京都女子大学・教授・新保慎一郎、宮城大学・教授・中塚晴夫、中国・山東大学・教授・曲江武、北京大学・教授・王培玉、吉林大学・教授・劉忠民氏、韓国・檀国大学・教授・金乙祥、済州大学・教授・高良淑の各氏には多くの協力・支援を頂いた。

調査・研究試料で標本にできるものについては匿名化した後、京都大学大学院 小泉昭夫教授の管理されている生体試料バンク [平成15～17年度厚生労働科学研究費・分担研究 (研究代表・小泉昭夫)] に登録・提供する予定である。

[学会発表] (計2件)

1. 渡辺孝男、櫻井 梢、中塚晴夫、王 培玉 (2008) : 陰膳実測法による日中韓幼稚園児の微量元素摂取量、日衛誌 63 (2) : 378
2. 中塚晴夫、渡辺孝男 (2008) : 日本・韓国・中国における幼稚園児の栄養素摂取状況、日衛誌 63 (2) : 377

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

渡辺 孝男 (WATANABE TAKAO)  
宮城教育大学・教育学部・名誉教授  
研究者番号 : 20004608