

4. 2. 鉛曝露について

日本（下野および旭川）の母親および小児の陰膳とハウスダストからの鉛の摂取量を、下野と旭川を合わせた日本を表 3 に、下野を表 4 に、旭川を表 5 にそれぞれ示した。

表 3 日本の母親および小児の陰膳とハウスダストからの鉛の
摂取量 ($\mu\text{g}/\text{kgBW}/\text{week}$)

		N (GM)	GM	GSD	N (M)	Median	Range	
Mother	Diet	102	0.98	1.88	102	0.89	0.30	7.97
	House-dust	84	0.17	1.72	104	0.13	0.00	0.87
Child	Diet	105	2.70	1.83	105	2.66	0.28	13.64
	House-dust	104	0.70	2.78	104	0.83	0.02	3.82

Mother：母親、Child：小児、Diet：陰膳、House-dust：ハウスダスト、
N(GM)：データ数（幾何平均値）、GM：幾何平均値、GSD：幾何標準偏差値、
N(M)：データ数（中央値）、Median：中央値、Range：最小最大範囲

表 4 下野の母親および小児の陰膳とハウスダストからの鉛の
摂取量 ($\mu\text{g}/\text{kgBW}/\text{week}$)

		N (GM)	GM	GSD	N (M)	Median	Range	
Mother	Diet	87	1.01	1.87	87	0.94	0.32	7.97
	House-dust	82	0.17	1.73	87	0.16	0.00	0.87
Child	Diet	88	2.71	1.86	88	2.67	0.28	13.64
	House-dust	87	0.74	2.56	87	0.85	0.02	3.13

表 5 旭川の母親および小児の陰膳とハウスダストからの鉛の
摂取量 ($\mu\text{g}/\text{kgBW}/\text{week}$)

		N (GM)	GM	GSD	N (M)	Median	Range	
Mother	Diet	15	0.83	1.92	15	0.75	0.30	3.47
	House-dust	2	0.13	1.05	17	0.00	0.00	0.14
Child	Diet	17	2.61	1.72	17	2.57	0.97	8.56
	House-dust	17	0.54	3.96	17	0.79	0.02	3.82

日本における陰膳からの鉛摂取量(幾何平均値)は、母親で 0.98 $\mu\text{g}/\text{kgBW}/\text{week}$ 、小児で 2.70 $\mu\text{g}/\text{kgBW}/\text{week}$ であった。陰膳からの鉛摂取量は下野と旭川でほぼ同じレベルであり、両地域共に母親に比較して小児の方が多かった。

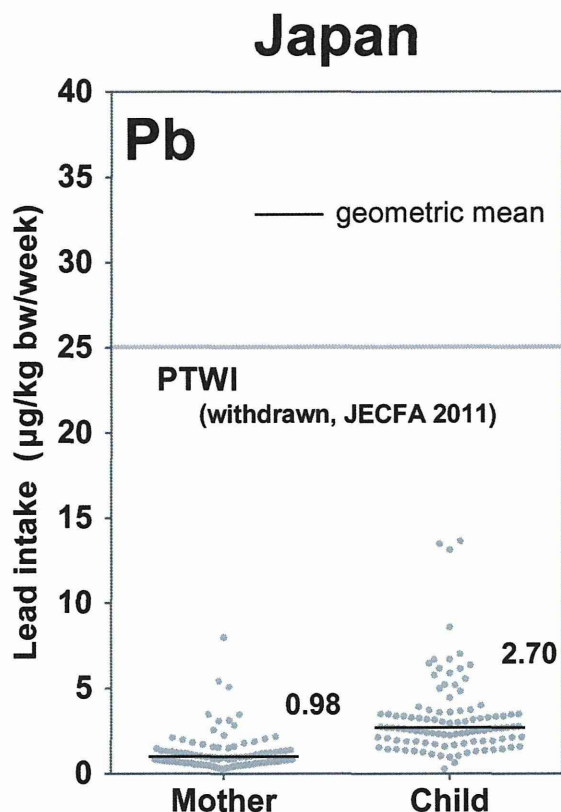


図1 日本の母親および小児の陰膳からの鉛摂取量
鉛旧耐用摂取量 (PTWI) 25 $\mu\text{g}/\text{kgBW}/\text{week}$ [JECFA, 2011]

日本の母親および小児の陰膳からの鉛摂取量を分散図(図1)に示した。2011年にJECFAにより撤回された鉛の旧耐用摂取量(PTWI) 25 $\mu\text{g}/\text{kgBW}/\text{week}$ と比較した結果、母親と小児共に旧PTWIよりも低いことが明らかになった。

また、陰膳以外にハウスダストによる鉛曝露も考えられるため、ハウスダストからの鉛摂取量を、米国環境保護庁のハウスダスト摂取量の報告値「成人 30 mg/日」と「小児 60 mg/日」をもとに算出した。ハウスダストからの推定鉛摂取量(幾何平均値)は、母親で 0.17 $\mu\text{g}/\text{kgBW}/\text{week}$ 、小児で 0.70 $\mu\text{g}/\text{kgBW}/\text{week}$ であった。ハウスダストからの鉛摂取量も、陰膳と同様に下野と旭川でほぼ同じレベルであり、両地域共に母親に比較して小児の方が多かった。

パキスタン（カラチおよびガンバット）の母親および小児の陰膳からの鉛の摂取量を、カラチとガンバットを合わせたパキスタンを表 6 に、カラチを表 7 に、ガンバットを表 8 にそれぞれ示した。なお、ハウスダストからの鉛摂取量については、現在分析中である。

表 6 パキスタンの母親および小児の陰膳からの鉛の摂取量 ($\mu\text{g}/\text{kgBW}/\text{week}$)

		N (GM)	GM	GSD	N (M)	Median	Range	
Mother	Diet	103	8.12	1.91	103	8.01	2.01	44.34
Child	Diet	102	18.29	2.19	102	17.14	1.76	171.93

表 7 カラチの母親および小児の陰膳からの鉛の摂取量 ($\mu\text{g}/\text{kgBW}/\text{week}$)

		N (GM)	GM	GSD	N (M)	Median	Range	
Mother	Diet	63	8.21	1.79	63	8.05	2.61	32.57
Child	Diet	62	15.35	2.13	62	14.66	1.76	111.77

表 8 ガンバットの母親および小児の陰膳からの鉛の摂取量 ($\mu\text{g}/\text{kgBW}/\text{week}$)

		N (GM)	GM	GSD	N (M)	Median	Range	
Mother	Diet	40	7.99	2.10	40	7.54	2.01	44.34
Child	Diet	40	23.99	2.13	40	20.83	7.59	171.93

パキスタンにおける陰膳からの鉛摂取量（幾何平均値）は、母親で $8.12 \mu\text{g}/\text{kgBW}/\text{week}$ 、小児で $18.29 \mu\text{g}/\text{kgBW}/\text{week}$ であった。パキスタンにおける陰膳からの鉛摂取量は、カラチとガンバットでほぼ同じレベルであり、両地域共に母親に比較して小児の方が多かった。母親に比較して小児の方が多いのは、日本の場合と同様の傾向である。

Pakistan

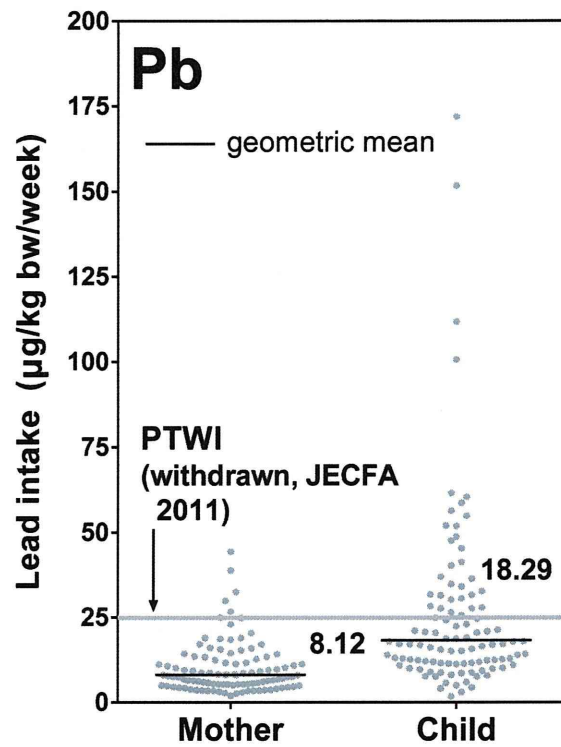


図2 パキスタンの母親および小児の陰膳からの鉛摂取量
鉛旧 PTWI 25 $\mu\text{g/kgBW/week}$ [JECFA, 2011]

パキスタンの母親および小児の陰膳からの鉛摂取量を分散図(図2)に示した。鉛の旧 PTWI と比較した結果、PTWI を超える母親が約 5%、小児では約 30%に認められた。本結果より、パキスタンにおける食品の鉛汚染が大きな問題であることが明らかとなった。

次に、日本およびパキスタンの陰膳およびハウスダストからの鉛摂取量を図3に示した。母親の陰膳からの鉛摂取量は、パキスタンが $8.12 \mu\text{g}/\text{kgBW}/\text{week}$ と、日本の $0.98 \mu\text{g}/\text{kgBW}/\text{week}$ に比べて約8倍多い量であった。また、小児の陰膳からの鉛摂取量は、パキスタンが $18.29 \mu\text{g}/\text{kgBW}/\text{week}$ と、日本 $2.70 \mu\text{g}/\text{kgBW}/\text{week}$ に比べてこちらも約7倍多い量であった。

さらに、ハウスダストからの鉛摂取量は、陰膳からの摂取量と比較して、母親で14%、小児で21%にあたり、小児の鉛曝露に対するハウスダストの寄与率が高いことが示された。なお、パキスタンのハウスダストの測定がまだ完了していないが、同様の傾向であると推定している。

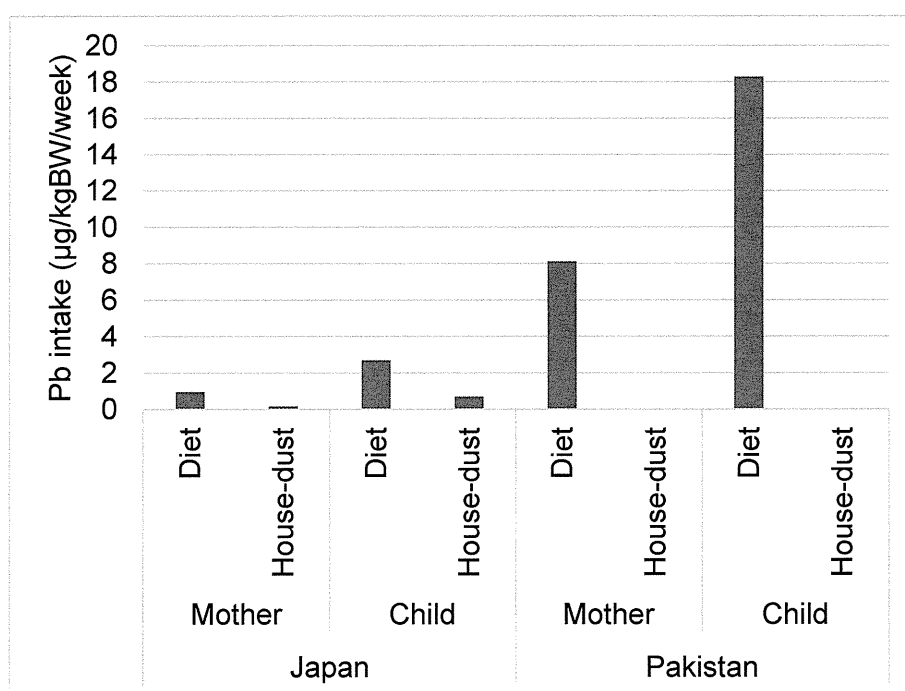


図3 日本およびパキスタンの陰膳およびハウスダストからの鉛摂取量

Pb intake : 鉛摂取量、Diet : 陰膳、House-dust : ハウスダスト、

Mother : 母親ハウスダスト、Child : 小児、

Japan : 日本、Pakistan : パキスタン

注) パキスタンのハウスダストは分析中

日本とパキスタンの母親末梢血、臍帯血および小児末梢血の血中鉛濃度を表9と図4に示した。

日本の母親末梢血、臍帯血、小児末梢血の血中鉛濃度（幾何平均値）は、それぞれ0.67 $\mu\text{g/dL}$ 、0.81 $\mu\text{g/dL}$ 、1.19 $\mu\text{g/dL}$ と他国での調査報告の値と比較して、非常に低い範囲内であった。

一方、パキスタンの母親末梢血、臍帯血、小児末梢血の血中鉛濃度（幾何平均値）は、それぞれ8.87 $\mu\text{g/dL}$ 、7.01 $\mu\text{g/dL}$ 、15.28 $\mu\text{g/dL}$ と日本と比較して非常に高い値であった。

表9 日本とパキスタンの血中鉛濃度 ($\mu\text{g/dL}$)

		N	GM	Median
Japan	Mother	105	0.67	0.64
	Cord	66	0.81	0.73
	Child	106	1.19	1.19
Pakistan	Mother	107	8.87	9.83
	Cord	100	7.01	8.79
	Child	94	15.28	15.93

Japan : 日本、Pakistan : パキスタン、
 Mother : 母親末梢血、Cord : 臍帯血、Child : 小児末梢血、
 N : データ数、GM : 幾何平均値、Median : 中央値

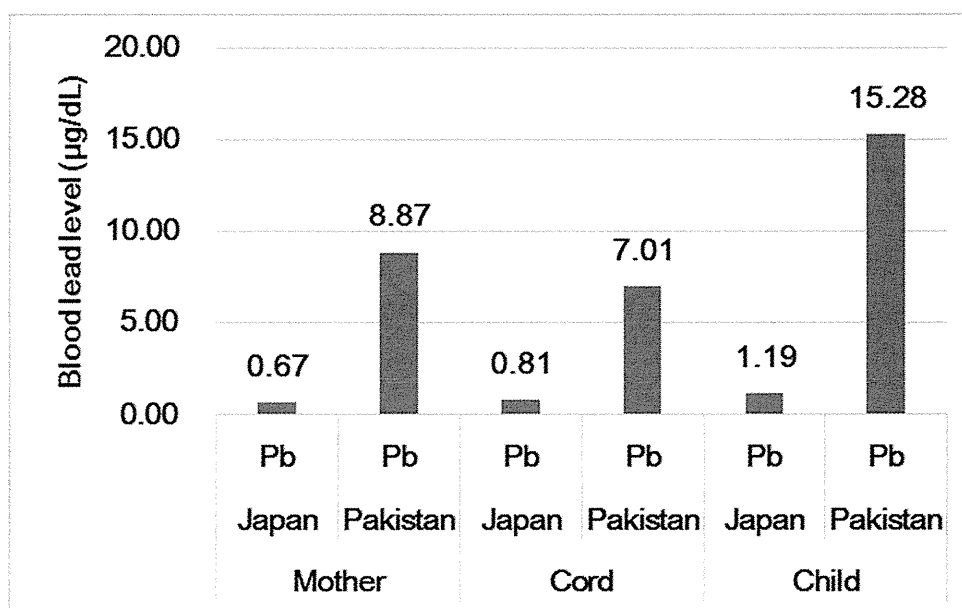


図4 日本とパキスタンの血中鉛濃度

パキスタンの母親末梢血、臍帯血および小児末梢血の血中鉛濃度を、カラチとガンバットに分けて表 10 と図 5 に示した。

表 10 カラチとガンバットの血中鉛濃度 (µg/dL)

		N	GM	Median
Karachi	Mother	66	14.52	14.79
	Cord	61	12.52	12.69
	Child	52	20.17	20.11
Gambat	Mother	41	4.01	3.90
	Cord	39	2.83	2.96
	Child	42	10.84	10.52

Karachi : カラチ、Gambat : ガンバット

パキスタンの血中鉛濃度は、カラチの場合に非常に高く、その幾何平均値は、母親で 14.52 µg/dL、臍帯血で 12.52 µg/dL、小児で 20.17 µg/dL であった。また、ガンバットの場合でも、母親で 4.01 µg/dL、臍帯血で 2.83 µg/dL、小児で 10.84 µg/dL とカラチよりは低いが、日本に比較すると高い値であった。

これまでの Surveillance for Elevated Blood Lead Levels Among Children United States, 1997-2001 (<http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/ss5210a1.htm>) によると、血中鉛濃度が 10 µg/dL 以下でも、小児の神経行動発達に異常が見られることが報告されており、カラチの小児血中鉛濃度は、その幾何平均値で約 2 倍、最大では約 50 µg/dL と約 5 倍の血中鉛濃度であった。このため、健康障害に危惧すべきレベルであることが示唆された。

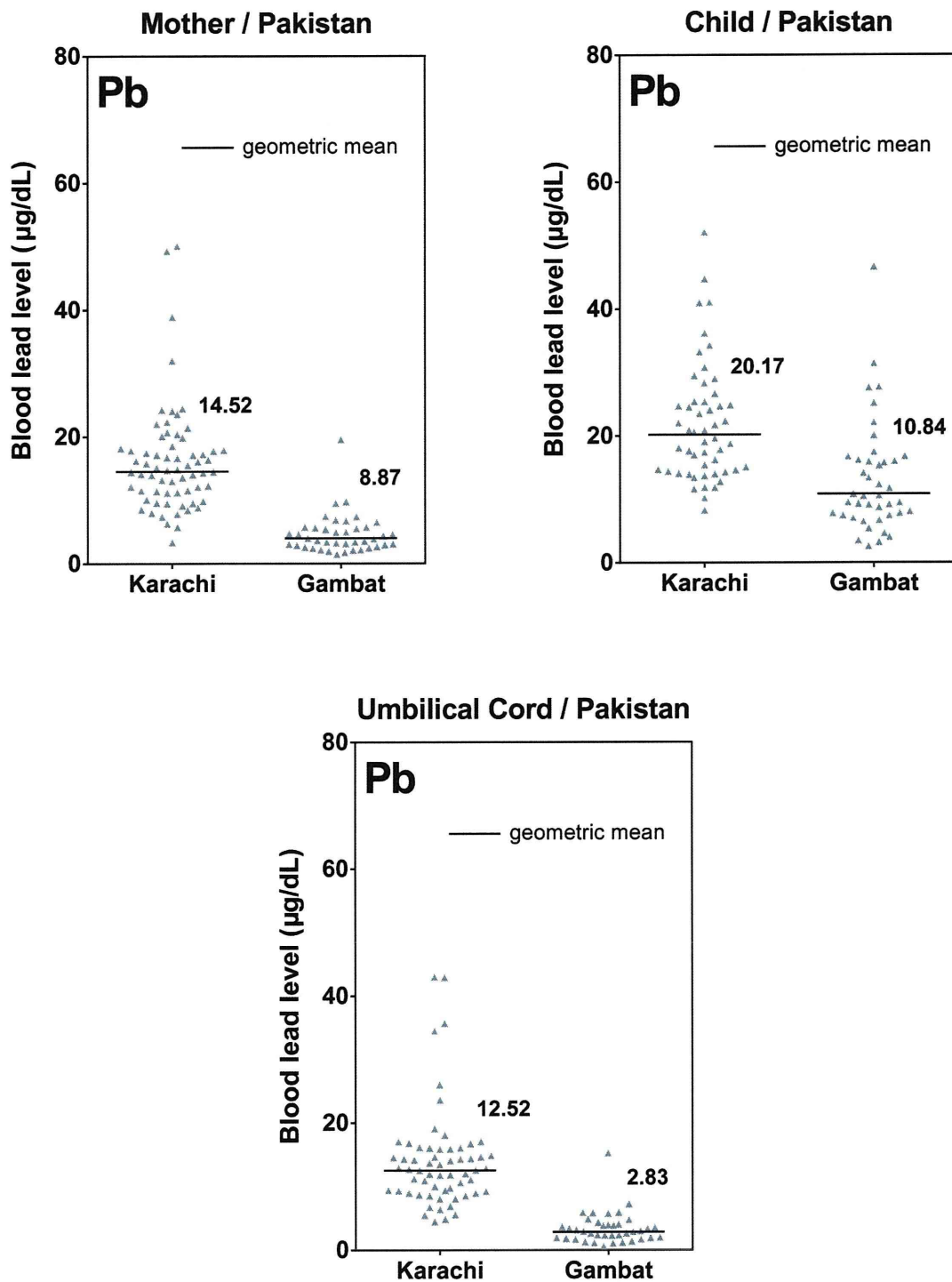


図5 カラチとガンバットの血中鉛濃度
 上左：母親末梢血、上右：小児末梢血、下：臍帯血

4. 3. ヒ素曝露について

日本（下野および旭川）の母親および小児の陰膳からの総ヒ素および無機ヒ素の摂取量を、下野と旭川を合わせた日本を表 11 に、下野を表 12 に、旭川を表 13 にそれぞれ示した。

表 11 日本の母親および小児の陰膳からの総ヒ素および無機ヒ素の摂取量 ($\mu\text{g}/\text{kgBW}/\text{week}$)

		N	GM	GSD	Median	Range	
Mother	tAs	102	6.15	2.16	6.4	1.03	73.8
	iAs	102	1.45	1.77	1.38	0.47	6.75
Child	tAs	105	16.68	1.86	17.17	3.68	57.39
	iAs	105	4.28	1.6	4.11	1.54	20.42

Mother：母親、Child：小児、tAs：総ヒ素、iAs：無機ヒ素、
N：データ数、GM：幾何平均値、GSD：幾何標準偏差値、
Median：中央値、Range：最小最大範囲

表 12 下野の母親および小児の陰膳からの総ヒ素および無機ヒ素の摂取量 ($\mu\text{g}/\text{kgBW}/\text{week}$)

		N	GM	GSD	Median	Range	
Mother	tAs	87	5.96	2.13	6.60	1.03	45.23
	iAs	87	1.49	1.76	1.49	0.47	6.75
Child	tAs	88	16.23	1.89	17.08	3.68	57.39
	iAs	88	4.38	1.60	4.30	1.54	20.42

表 13 旭川の母親および小児の陰膳からの総ヒ素および無機ヒ素の摂取量 ($\mu\text{g}/\text{kgBW}/\text{week}$)

		N	GM	GSD	Median	Range	
Mother	tAs	15	7.41	2.35	6.36	1.58	73.80
	iAs	15	1.23	1.82	1.10	0.63	4.93
Child	tAs	17	19.25	1.69	18.60	10.26	57.12
	iAs	17	3.79	1.59	3.71	1.75	7.56

日本の陰膳からの総ヒ素の摂取量は、母親で幾何平均 6.15 $\mu\text{g}/\text{kgBW}/\text{week}$ 、小児で 16.68 $\mu\text{g}/\text{kgBW}/\text{week}$ であった。日本における総ヒ素摂取量は、魚介類や海藻などの海産物を頻繁に摂取する食習慣から高いことが知られており、アルセノベタインやアルセノコリンなどの有機ヒ素化合物が主体であると推定される。また、陰膳からの無機ヒ素の摂取量は、母親で幾何平均 1.45 $\mu\text{g}/\text{kgBW}/\text{week}$ 、小児で 4.28 $\mu\text{g}/\text{kgBW}/\text{week}$ であった。

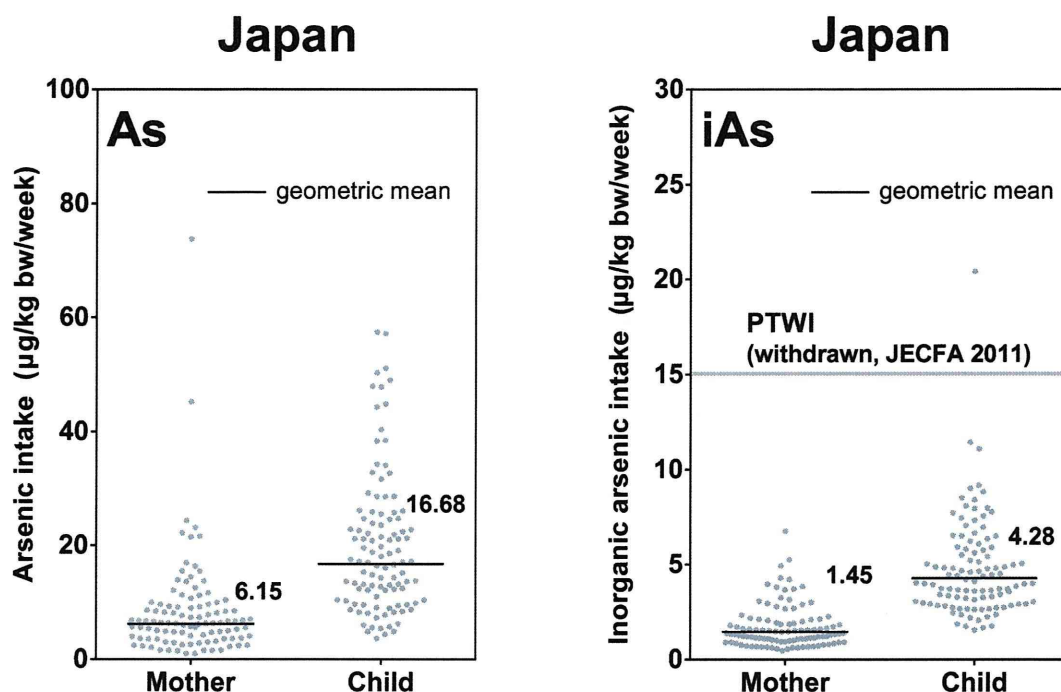


図6 日本の母親および小児の陰膳からの総ヒ素（左）
および無機ヒ素（右）の摂取量

無機ヒ素旧耐用摂取量 (PTWI) 15 $\mu\text{g}/\text{kgBW}/\text{week}$ [JECFA, 2011]

日本の母親および小児の陰膳からの総ヒ素および無機ヒ素の摂取量を散布図（図6）で示した。体重当たりの総ヒ素および無機ヒ素摂取量は、母親より小児の方が高い。また、2011年のJECFAにて撤回された無機ヒ素の旧耐用摂取量 (PTWI) 15 $\mu\text{g}/\text{kgBW}/\text{week}$ を超えている小児が1名含まれていた。

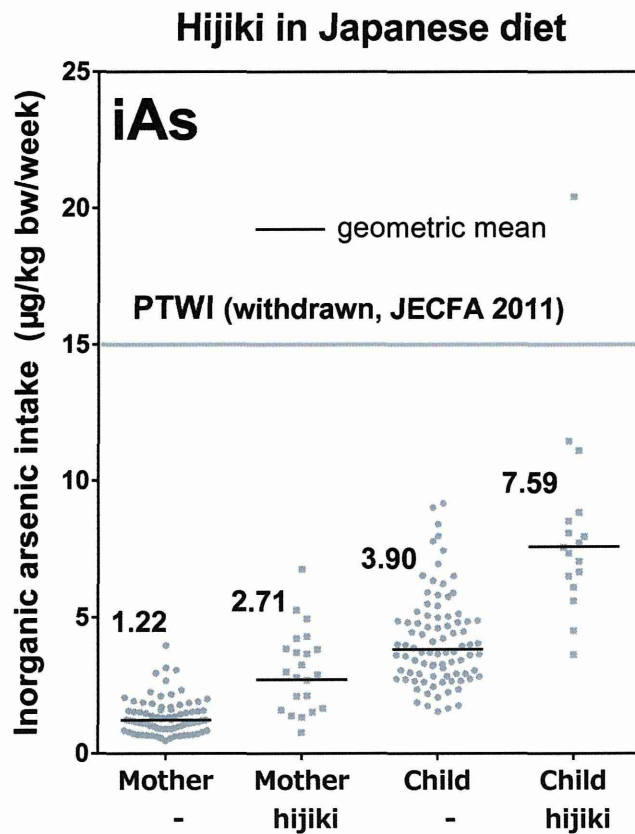


図7 陰膳中のヒジキの有無による無機ヒ素摂取量
無機ヒ素旧 PTWI 15 µg/kgBW/week [JECFA, 2011]

陰膳中にヒジキが含まれていたか否かで分類し解析した結果を図7に示した。ヒジキの有無による無機ヒ素の摂取量は、母親の場合、無し 1.22 µg/kgBW/week に対して、有り 2.71 µg/kgBW/week と約2倍高かった。小児の場合も、無し 3.90 µg/kgBW/week に対して、有り 7.59 µg/kgBW/week と同様に約2倍高かった。このことから、ヒジキの有無により明らかな差が見られた。さらに、無機ヒ素の旧 PTWI を超過していた小児は、その陰膳中にヒジキが含まれており、しかも陰膳を実施した3日間毎日摂取していたことが確認された。

パキスタン（カラチおよびガンバット）の母親および小児の陰膳からの総ヒ素および無機ヒ素の摂取量を、カラチとガンバットを合わせたパキスタンを表 14 に、カラチを表 15 に、ガンバットを表 16 にそれぞれ示した。

表 14 パキスタンの母親および小児の陰膳からの総ヒ素および無機ヒ素の摂取量 ($\mu\text{g}/\text{kgBW}/\text{week}$)

		N	GM	GSD	Median	Range	
Mother	tAs	103	2.08	2.19	1.99	0.36	20.65
	iAs	103	1.49	2.34	1.29	0.33	20.89
Child	tAs	102	5.81	2.72	3.33	0.52	183.36
	iAs	102	4.46	2.60	5.34	0.54	188.13

表 15 カラチの母親および小児の陰膳からの総ヒ素および無機ヒ素の摂取量 ($\mu\text{g}/\text{kgBW}/\text{week}$)

		N	GM	GSD	Median	Range	
Mother	tAs	63	1.44	1.62	1.48	0.36	3.46
	iAs	63	0.94	1.53	0.95	0.33	1.98
Child	tAs	62	3.53	1.77	3.65	0.54	11.20
	iAs	62	2.57	1.66	2.75	0.52	9.09

表 16 ガンバットの母親および小児の陰膳からの総ヒ素および無機ヒ素の摂取量 ($\mu\text{g}/\text{kgBW}/\text{week}$)

		N	GM	GSD	Median	Range	
Mother	tAs	40	3.74	2.27	3.27	0.90	20.65
	iAs	40	3.05	2.39	2.67	0.74	20.89
Child	tAs	40	12.57	2.52	11.62	2.09	188.13
	iAs	40	10.47	2.65	10.26	1.77	183.36

パキスタンの総ヒ素の摂取量は、母親で幾何平均値 $2.08 \mu\text{g}/\text{kgBW}/\text{week}$ 、小児で $5.81 \mu\text{g}/\text{kgBW}/\text{week}$ であった。また、無機ヒ素の摂取量は、母親で幾何平均値 $1.49 \mu\text{g}/\text{kgBW}/\text{week}$ 、小児で $4.46 \mu\text{g}/\text{kgBW}/\text{week}$ であった。

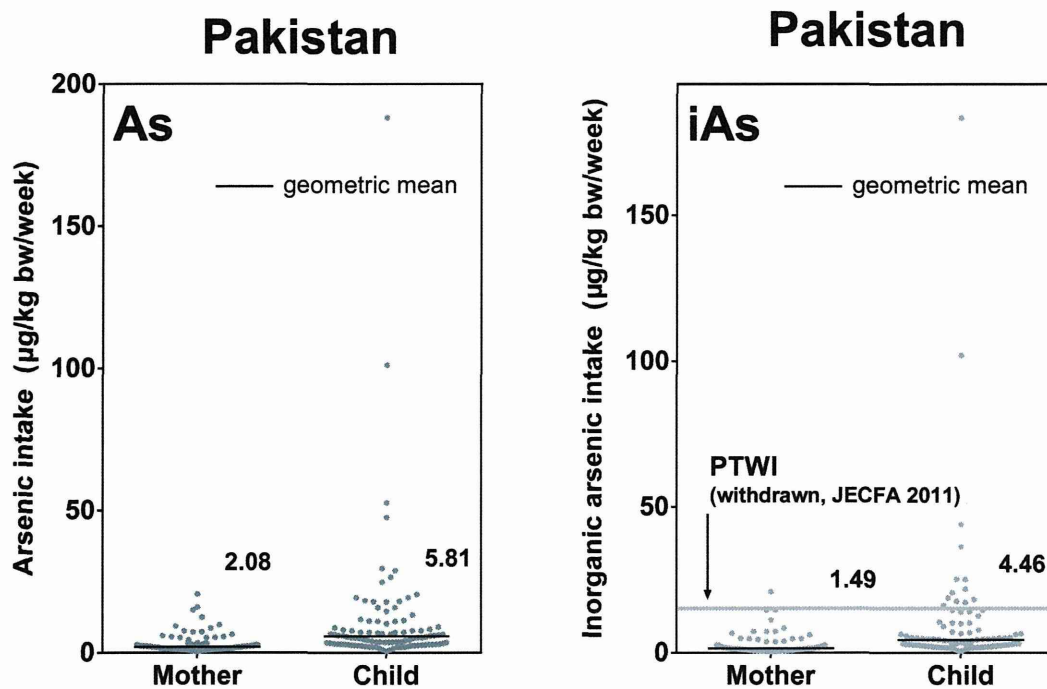


図8 パキスタンの母親および小児の陰膳からの総ヒ素（左）
 および無機ヒ素（右）の摂取量
 無機ヒ素旧 PTWI 15 $\mu\text{g}/\text{kgBW}/\text{week}$ [JECFA, 2011]

パキスタンの母親および小児の総ヒ素および無機ヒ素の摂取量を散布図（図8）に示した。陰膳からの総ヒ素および無機ヒ素の摂取量は、母親よりも小児が高い傾向が見られた。また、パキスタンにおける無機ヒ素の摂取量では、母親で1名、小児で13名が無機ヒ素の旧 PTWI 15 $\mu\text{g}/\text{kgBW}/\text{week}$ を超過していた。

Pakistan diet

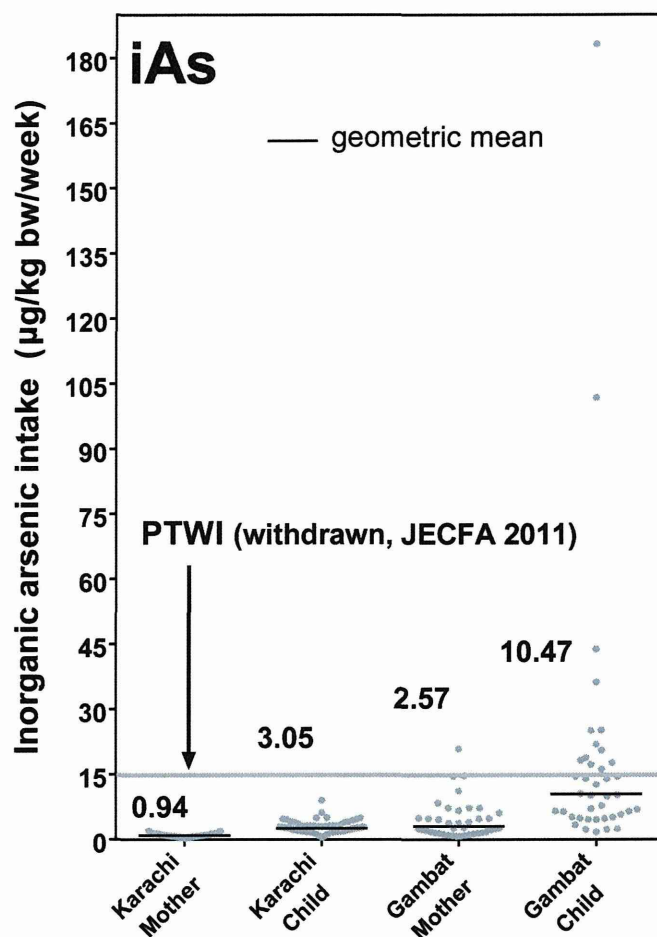


図9 カラチおよびガンバットの母親および小児の陰膳からの無機ヒ素の摂取量
無機ヒ素旧 PTWI 15 $\mu\text{g}/\text{kgBW}/\text{week}$ [JECFA, 2011]

カラチおよびガンバットの母親および小児の陰膳からの無機ヒ素の摂取量を分散図（図9）に示した。カラチに比較してガンバットにおける無機ヒ素の摂取量が母親と小児共に高い傾向が見られた。さらに、無機ヒ素の旧 PTWI を超過していた母親1名と小児13名は、すべてガンバットの被験者であった。

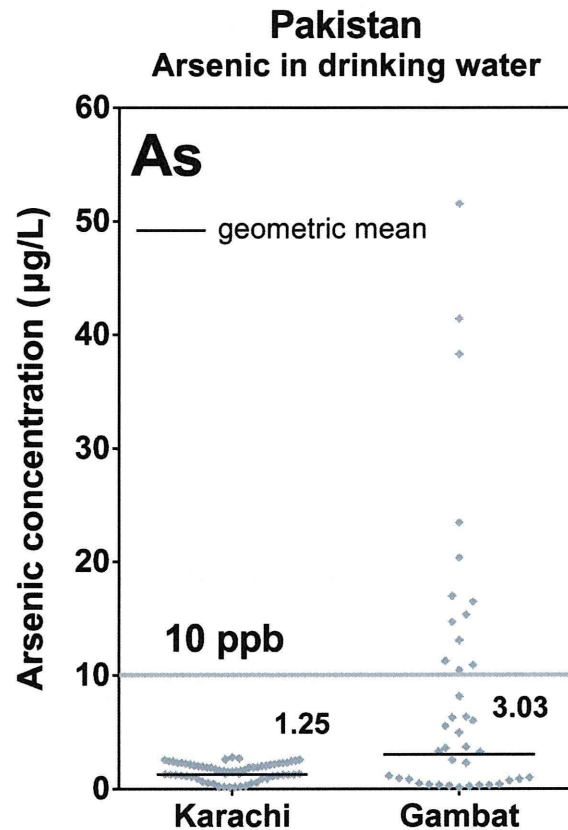


図 10 カラチおよびガンバットの飲料水中総ヒ素濃度 (µg/L)
WHO 飲料水暫定ガイドライン値 0.01 mg/L (10 ppb)

カラチおよびガンバットの飲料水中総ヒ素濃度を分散図 (図 10) に示した。これらの幾何平均値は、カラチ 1.25 µg/L、ガンバット 3.03 µg/L であった。さらに、ガンバットの飲料水には WHO の飲料水の暫定ガイドライン値 0.01 mg/L (10 µg/L) 超えるものが 13 試料含まれていた。ガンバットにおける飲料水は、基本的に井戸水であり、多くの無機ヒ素を含むことが知られていた。本調査の結果から、ガンバットにおける陰膳からの無機ヒ素摂取の旧 PTWI 超過者 (母親 1 名、小児 13 名) は、陰膳 (食品の調理水と飲料水) の井戸水に由来するものであることが示唆された。

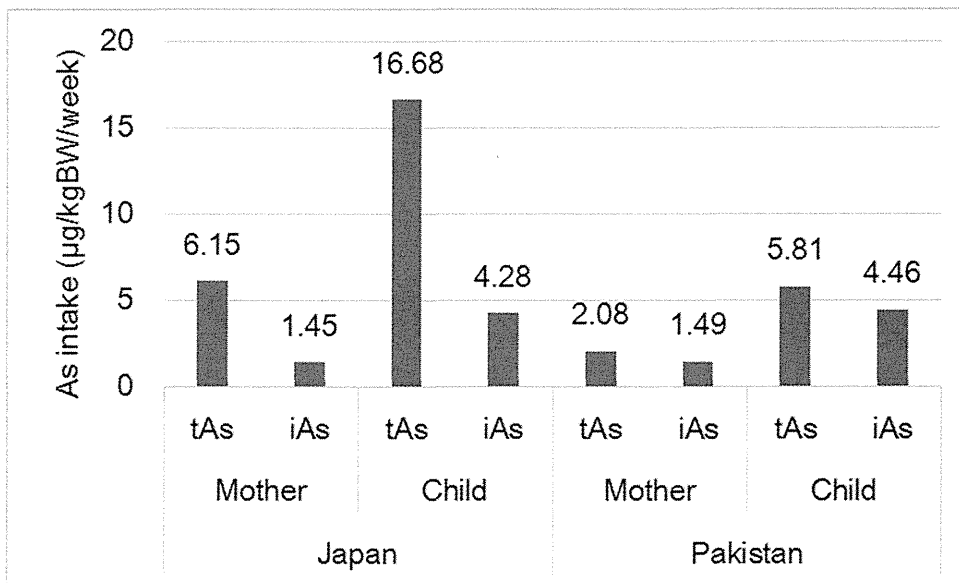


図 11 日本およびパキスタンの母親および小児の
総ヒ素および無機ヒ素の摂取量

As intake : ヒ素摂取量、tAs : 総ヒ素、iAs : 無機ヒ素、
Mother : 母親ハウスダスト、Child : 小児、
Japan : 日本、Pakistan : パキスタン

日本およびパキスタンの母親および小児の総ヒ素および無機ヒ素の摂取量を図 11 に示した。日本の陰膳では、海産物の摂取量が多いために総ヒ素の摂取量が高くなり、総ヒ素に対する無機ヒ素の割合は 3 割と少なくなった。一方、パキスタンの陰膳では、無機ヒ素が井戸水に由来することから、無機ヒ素の割合が 7 ~ 8 割を占めた。これらの結果を合わせると、日本とパキスタンの陰膳からの無機ヒ素摂取量には、二国間であまり差が見られないことになった。

日本とパキスタンの母親末梢血、臍帯血および小児末梢血の血中総ヒ素濃度を表 17 と図 12 に示した。日本の母親末梢血、臍帯血、小児末梢血の血中総ヒ素濃度（幾何平均値）は、それぞれ 4.57 $\mu\text{g/L}$ 、3.65 $\mu\text{g/L}$ 、5.13 $\mu\text{g/L}$ であった。一方、パキスタンの母親末梢血、臍帯血、小児末梢血の血中鉛濃度（幾何平均値）は、それぞれ 1.07 $\mu\text{g/L}$ 、0.94 $\mu\text{g/L}$ 、1.90 $\mu\text{g/L}$ であった。

日本の血中総ヒ素濃度は、母親末梢血、臍帯血、小児末梢血の全てがパキスタンに比べ明らかに高かった。これは、海産物の頻繁な摂取により、血中の総ヒ素濃度が高くなったものと推定される。

表 17 日本とパキスタンの血中総ヒ素濃度 ($\mu\text{g/L}$)

		N	GM	Median
Japan	Mother	105	4.57	4.45
	Cord	66	3.65	3.66
	Child	106	5.13	4.75
Pakistan	Mother	107	1.07	1.38
	Cord	100	0.94	0.92
	Child	94	1.90	1.96

Japan : 日本、Pakistan : パキスタン、
 Mother : 母親、Cord : 臍帯血、Child : 小児、
 N : データ数、GM : 幾何平均値、Median : 中央値

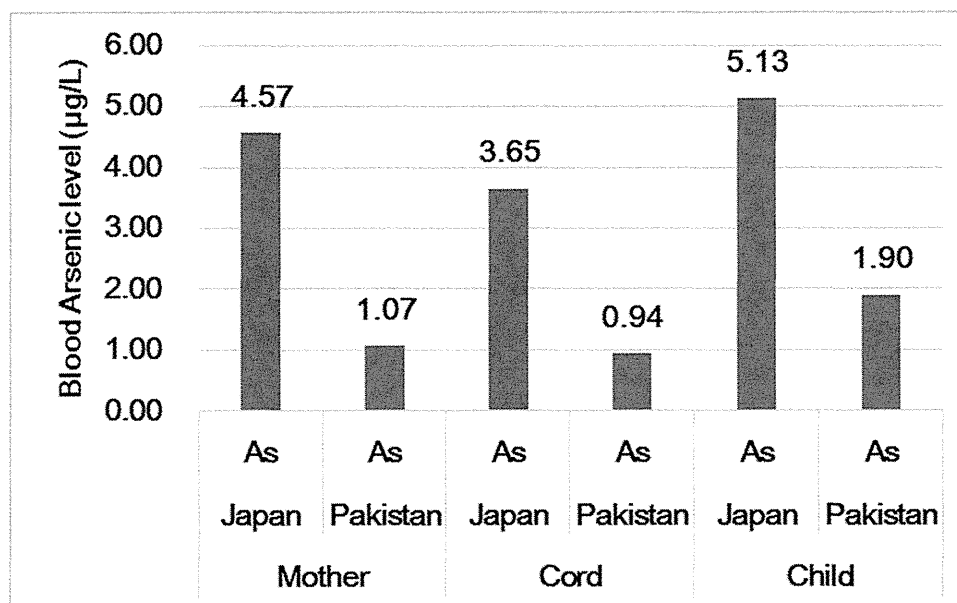


図 12 日本とパキスタンの血中総ヒ素濃度

4. 4. 小児発達調査について

Bayley 乳幼児発達調査第三版とは、イギリスで開発された国際的に使用可能な発達調査である。評価可能年齢：16 days ~ 42 months 15 days であり、認知 (Cognitive)、言語 (Language)、運動 (Motor) の三領域で評価され、うち言語は受動的コミュニケーション力：RC (Receptive Communication) と表出的コミュニケーション力：EC (Expressive Communication) に、運動は微細運動：FM (Fine Motor) と粗大運動：GM (Gross Motor) に分けて評価される。

本調査法は月齢で start point が異なる。全部で 16 の start point があり、今回のピーバズ調査では I~P (生後 12 months 16days ~ 42 months 15 days) の start point となる対象児の調査を実施した。結果の評価にはそれぞれの項目で Scaled Score を算出した。このスコアは 8~12 であれば正常と判断され、7 未満で発達に遅れがあり、13 以上で発達が早いと判断される。表 17 に結果の算術平均値の比較を示した。

表 17 発達調査結果 Scaled Score の平均値の比較

日本	Cognitive	RC	EC	FM	GM
下野 88	9.7	10.4	8.4	10.9	8.7
旭川 17	11.2	9.9	8.6	13.6	8.8
計 105	10.5	10.1	8.5	12.3	8.8

パキスタン	Cognitive	RC	EC	FM	GM
Karachi 48	10.6	8.6	7.9	10.1	9.3
Gambat 26	8.6	7.9	7.1	8.9	8.0
計 74	10	8.4	7.5	9.7	8.7

RC: Receptive Communication, EC: Expressive Communication

FM: Fine Motor, GM: Gross Motor

平均値を比較すると、言語の発達は日本よりもパキスタンの方に遅れを認めた。ただし、BayleyIII がイギリスで開発されたものであり、公用語が英語でない日本とパキスタンにおいては、SS で 8~12 が正常と判断される基準が適切でない可能性がある。

次に評価する領域毎に start point で分けた SS 値の散布図を図 13~17 として示す。

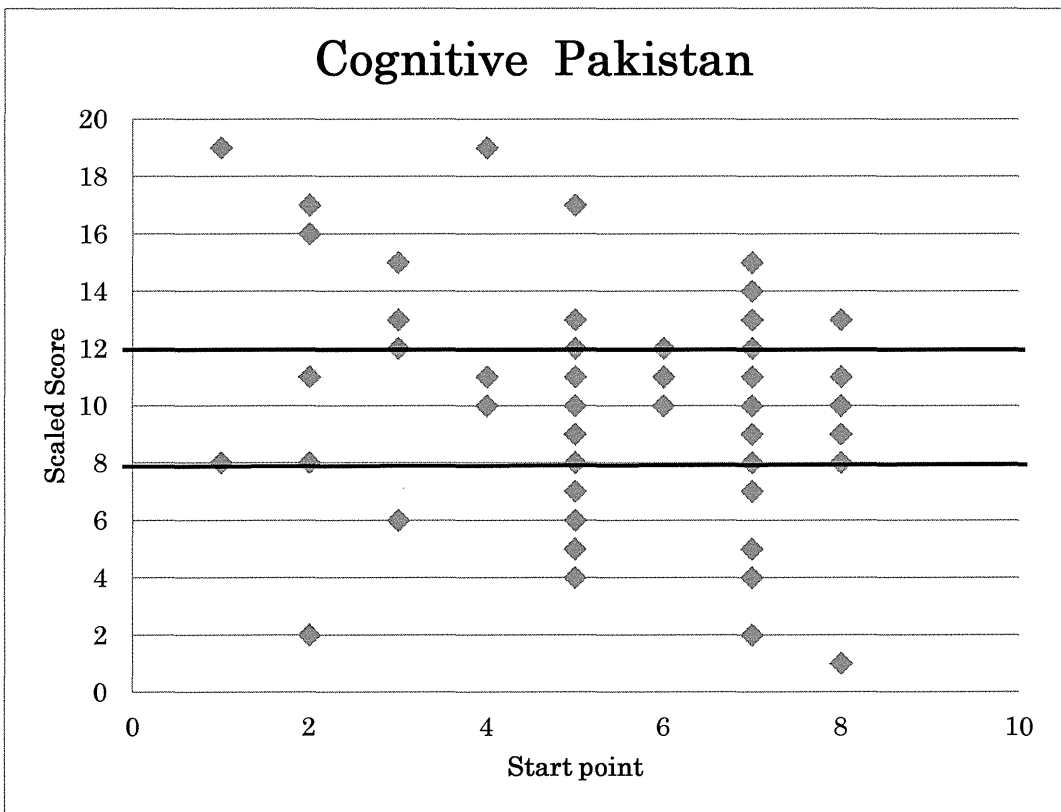
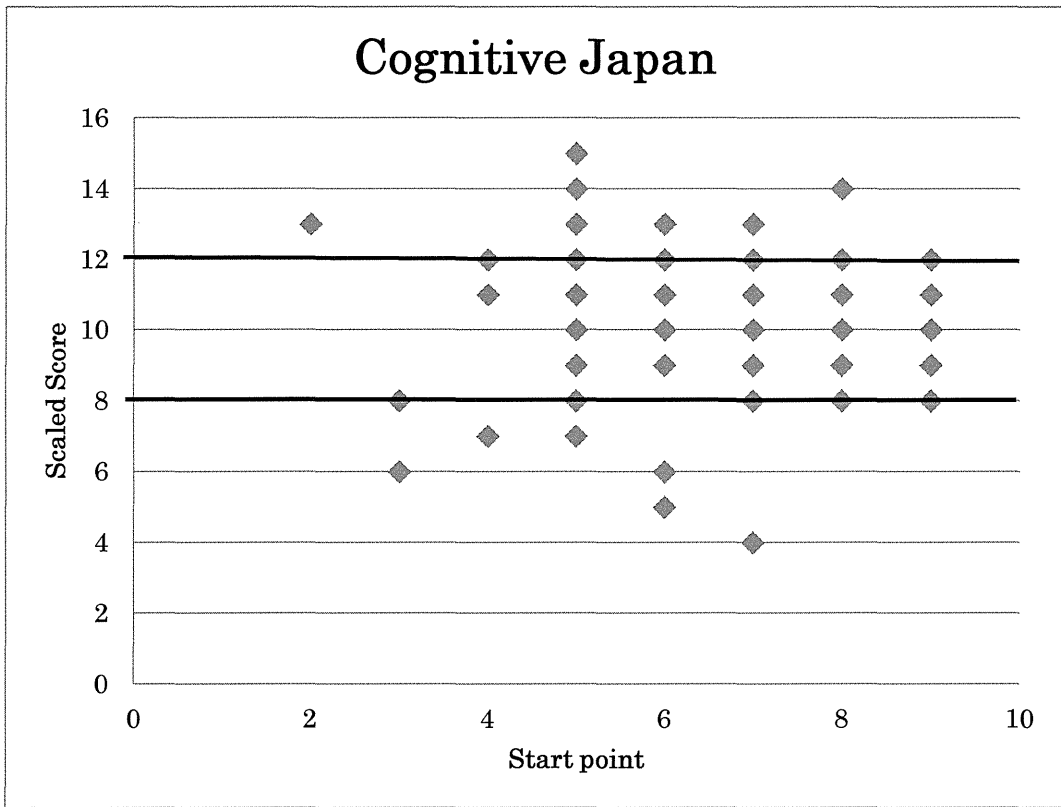


図 13 start point 別 Cognitive の SS 値 日本 vs パキスタン
 (1→I, 2→J, 3→K, 4→L, 5→M, 6→N, 7→O, 8→P)

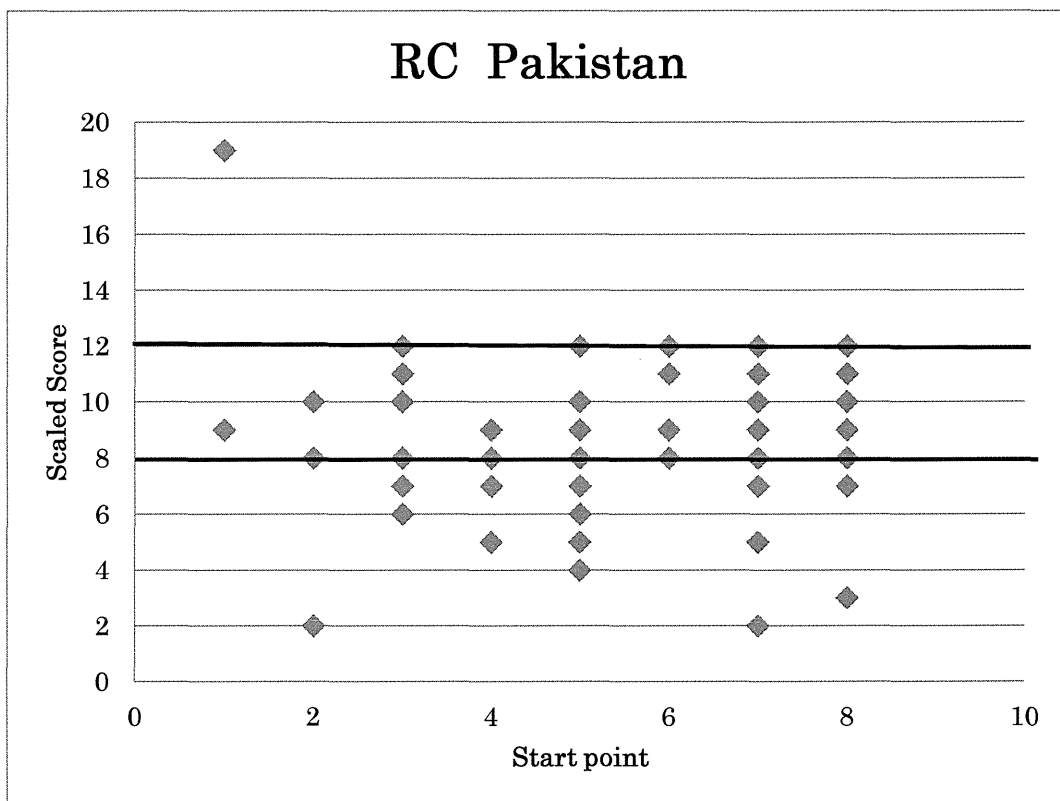
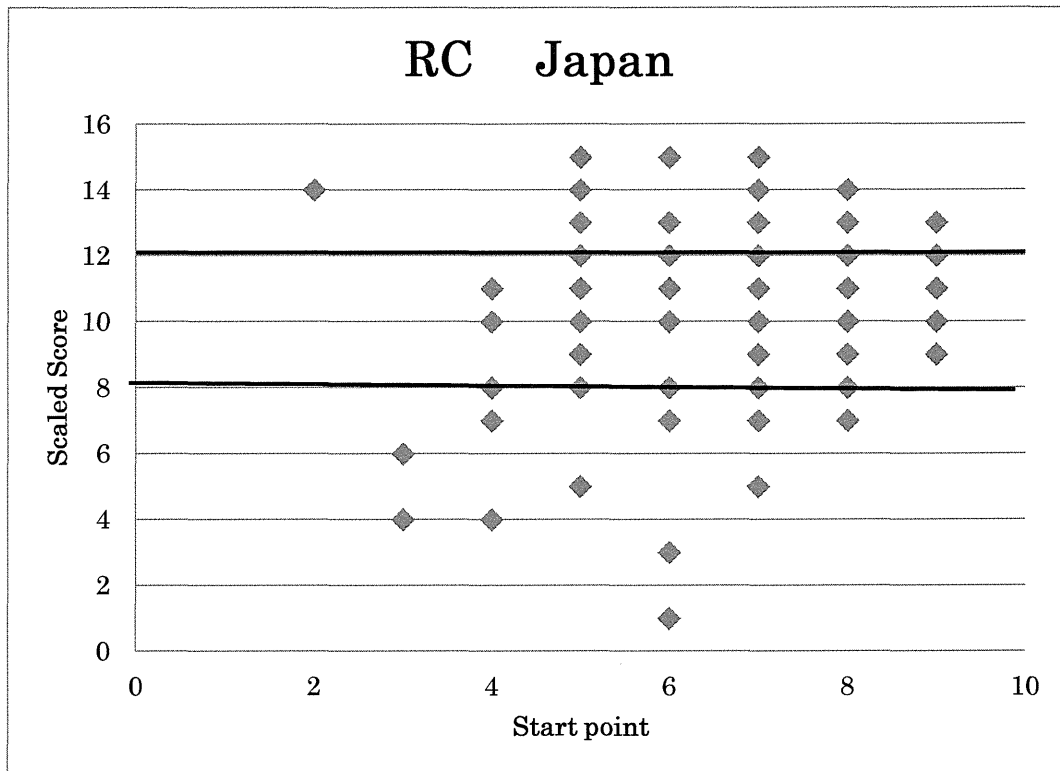


図 14 start point 別 RC の SS 値 日本 vs パキスタン
 (1→I, 2→J, 3→K, 4→L, 5→M, 6→N, 7→O, 8→P)