

アラル海東側(カザフスタン)に住む学童の毛髪中元素濃度

- アラル海からの距離による比較 -

千葉百子 世良耕一郎*1 橋爪真弘*2 佐々木敏*3

下田妙子*4 國井修*5 稲葉裕

順天堂大学医学部衛生学教室
113-8421 東京都文京区本郷 2-1-1

*1 岩手医科大学サイクロロンセンター
020-0173 岩手県岩手郡滝沢村滝沢字留が森 348-58

*2 東京大学大学院医学研究科国際保健
113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1

*3 独立行政法人国立健康栄養研究所
162-8636 東京都新宿区戸山 1 - 23 - 1

*4 九州女子大学家政学部栄養学
807-8586 福岡県北九州市八幡西区自由が丘 1-1

*5 外務省経済協力局調査計画課
105-8519 東京都港区芝公園 2-11-1

1. はじめに

カザフスタンとウズベキスタン両国にまたがるアラル海は 1960 年代末から縮小しはじめ、現在も縮小し続けている。20 世紀最大の環境破壊といわれている。カザフスタン政府はこの地域を環境破壊による影響が大きい地域に指定している。気候変動もあり、北西から南東へ強い砂嵐が年間、数百トンの砂を移動する¹⁾。アラル海東側(カザフスタン)および南側(ウズベキスタン)の住民は健康被害を訴えている。著者らはアラル海東側、カザフスタン国クジルオルダ州を調査対象地区として調査・研究活動を続けてきた。

1. 1 なぜアラル海は縮小したか？

アラル海には 2 大河川が流入し、流出河川はない塩湖である。シルダリア川は天山山脈からカザフスタンを貫流し、アムダリア川はパミール高原からウズベキスタンを貫流してアラル海に注ぐ。この 2 大河川流域は綿花と米の産地である。旧ソ連政府(カザフスタンは 1991 年 12 月にソ連から独立)は 1950

年代に農作物増産計画を含む水利用計画を打ち出した。2 大河川から大量の水が灌漑用水として田畑に引かれ、結果としてアラル海への流入量が減少した。1960 年代後半までは流入水量、蒸発量、降雨量がどうにかバランスを保っていたが、さらなる水の利用、ダム建設などが進められた結果、ついに縮小しはじめた。日本の面積に例えれば、北海道を一回り小さくした位の面積であったものが、1/2 以下となり、四国の面積に相当するかつての湖底が露出している。

1. 2 何が最も被害を受けたか？

流入水量の減少は湖水の塩濃度の上昇をきたし、漁業が壊滅した。アラル海北岸のアラリスク、南岸のムイナクは漁業の町として栄えていたが、水際をはるか遠くになり、当時の缶詰工場は廃墟と化した。動けなくなった船は置き去りにされ、船の墓場をあちこちに形成している。漁業の崩壊は高失業率を生むことにもなった。調査対象とした小学生の父親の約 50%が失業中であった。

1. 3 健康被害

健康被害は客観的な評価が難しい。カザフスタンの医師はこの付近の住民の健康不調を Ecological Disease と呼んでいる。カザフスタン政府は当時の首都、アルマティにある国立小児リハビリテーションセンター内に Ecological Disease 部門を開設し、アラル海沿岸の Ecological Disease の子供を収容する制度を 1994 年に発足させた。大人より子供の方が感受性が高く、子供は次世代を担うことから健康であらねばならない。私達の調査班は子供の健康を主体に進めた。健康被害の原因については、農薬、綿花の収穫前に撒く枯葉剤、PCB、工場が無処理で排出する重金属などが疑われているが、詳細は不明である。原因追求については多方面から追求する必要がある。私達は貧血、呼吸機能、腎機能、体内微量元素、食事調査（頻度調査と 24 時間思い出し法）を中心に調査を行ってきた。ここでは毛髪中元素濃度について報告する。

2. 材料と方法

2. 1 調査対象地域

アラル海に最も近い集落であるアラル海東側のカザリンスク地域（K-地域）を調査対象とした。この地域はシルダリア川の開口部に近い。比較の対照としてシルダリア川に沿って約 500km 上流で、同じクジルオルダ州内のジャナコルガン地域（Z-地域）を設定した（Figure 1）。



Figure 1. アラル海と調査対象地域と独立時の首都アルマティ

2. 2 調査対象者

各地域のヘルスセンターにある住民台帳を使い、1985年から1993年に生まれた男女（調査時、小学生、6歳から15歳）から、1地域につき485名を無作為抽出した。地元の看護師にカザフ語で書いた調査目的とインフォームドコンセント用紙を持って、対象となった子供の家を訪問してもらい、調査に応じてもらえる場合にはこちらで指定した日時に子供と親と一緒にヘルスセンターに来るように指示した。K-地域では383人、Z-地域では432人、合計815人が調査に応じた。平均回答率84%であった。この815人という数は両地域に住む、同年齢の小児の約20%に相当する。このうち毛髪提供者はK-地域61人（男15、女46）およびZ-地域143人（男34、女109）であった。

2. 3 測定方法

各種元素濃度はPIXEにより測定した。すなわち、試料毛髪数本をアセトンでよく拭き、試料台に添付した。NMCCの小型サイクロトロンから引き出された2.9 MeVのプロトンビームを、グラファイト製ビームコリメータ（6mm）を通して試料に直接照射し、発生する特性X線をSi(Li)二検出器同時測定システムで検出し、X線スペクトルを得た。エネルギーがK-Kより高い元素はX線吸収体（300 μ mマイラー）を用い、0.0254 mm Be WindowのSi(Li)検出器で、Kより軽い元素は吸収体を用いず、0.008 mm Be Windowの検出器で分析を行った⁽²⁾。元素の定量はSeraらの開発した無調製・無標準法に基づいて行った⁽³⁾。

3. 結果

15元素（Al, Br, Ca, Cl, Co, Cu, Fe, K, Mn, Na, Pb, S, Se, Sr および Zn）はほとんどすべての毛髪試料から検出された。Figure 2-1 および Figure 2-2 に示す。その他の元素のうち、生体必須元素および有害元素として興味深い元素、As, Cr, Hg, Mg, Mo, Ni, P および Si を Figure 3 に示す。

4. 考察

女兒の試料数が男児より多いが、男児は毛髪を短く刈っていて、Sampling が不可能である被験者が多かったことによる。

4. 1 ナトリウム (Na)

毛髪中 Na は全検体から検出され、その濃度は男女ともに K-地域居住者が有意に高値を示した。各々の平均値 \pm 標準偏差は K-地域全体では $738 \pm 404 \mu\text{g/g}$ （男 619 ± 286 、女 786 ± 431 ）、Z-地域全体では $471 \pm 364 \mu\text{g/g}$ （男 401 ± 308 、女 492 ± 377 ）であった。血中 Na⁴、尿中 Na⁵ も K-地域居住者が有意に高い結果であった。アラル海からの塩が影響していると考えられる。

4. 2 水銀 (Hg)、ニッケル (Ni) および臭素 (Br)

Hg は K-地域の男 11 名、女 24 名、Z-地域の男 17 名、女 53 名から検出された。平均値は 0.87 ~ 1.51 $\mu\text{g/g}$ で高くはないが、女および全体では有意に K-地域居住者で高かった。食事調査の結果、K-地域の魚摂取頻度は Z-地域の 3.5 倍高頻度であったので、その地域で捕獲した魚の水銀を分析したが、非常に低値であり、魚由来ではないと推定される。

Ni は K-地域の男 16 名、女 43 名、Z-地域の男 29 名、女 98 名から検出された。女および全体で、有意に K-地域居住者が高値を示したことは Hg と同様であった。

Br は全試料から検出された。Hg, Ni と同様に女と全体で K-地域居住者で有意に高値であった。その理由は不明である。

Hg, Ni および Br の由来は定かでないが、底質に溜まっていたものが砂嵐でもたらされた可能性は否定できない。

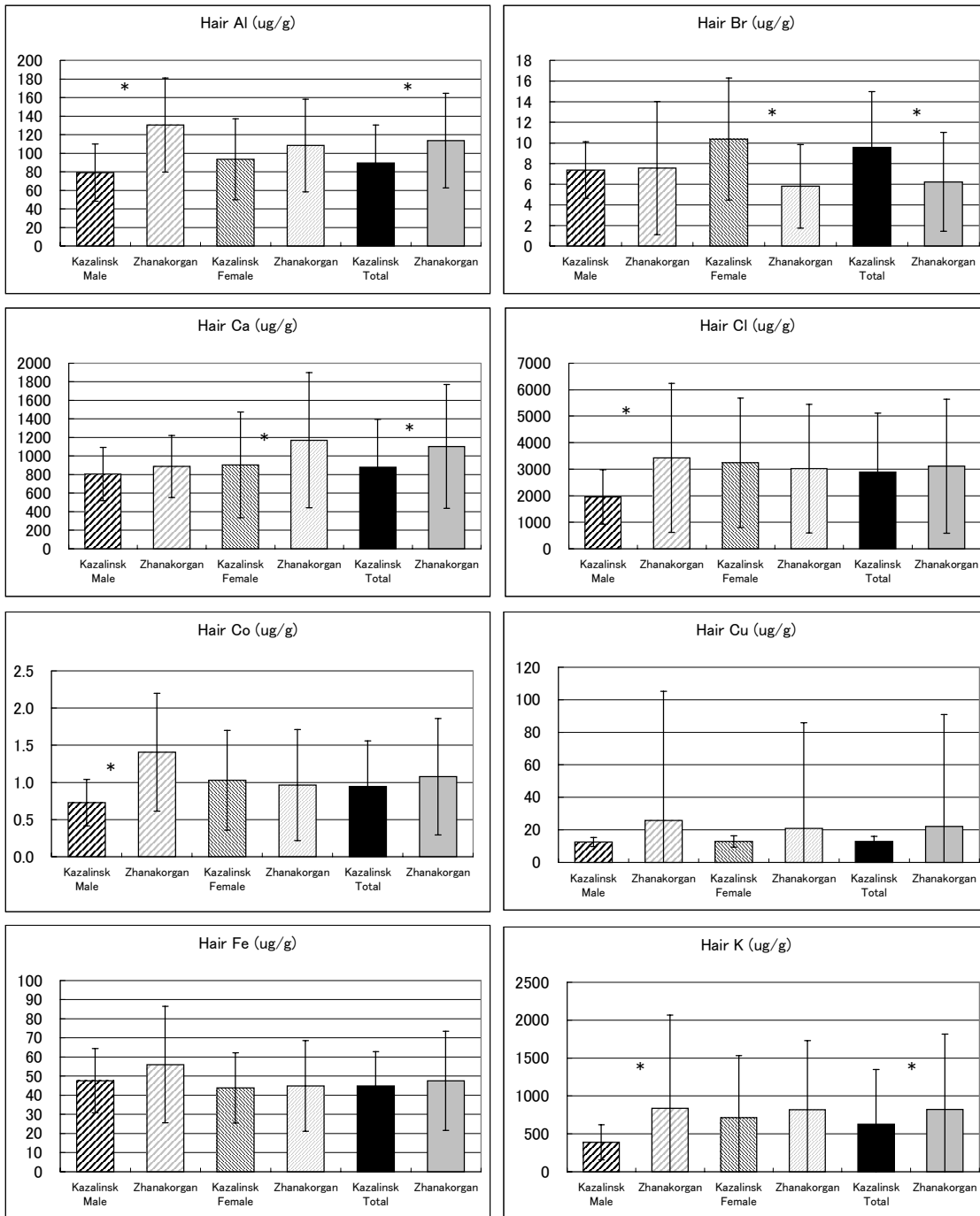


Figure 2-1. Main Element Concentrations in Hair (*: $p < 0.05$)

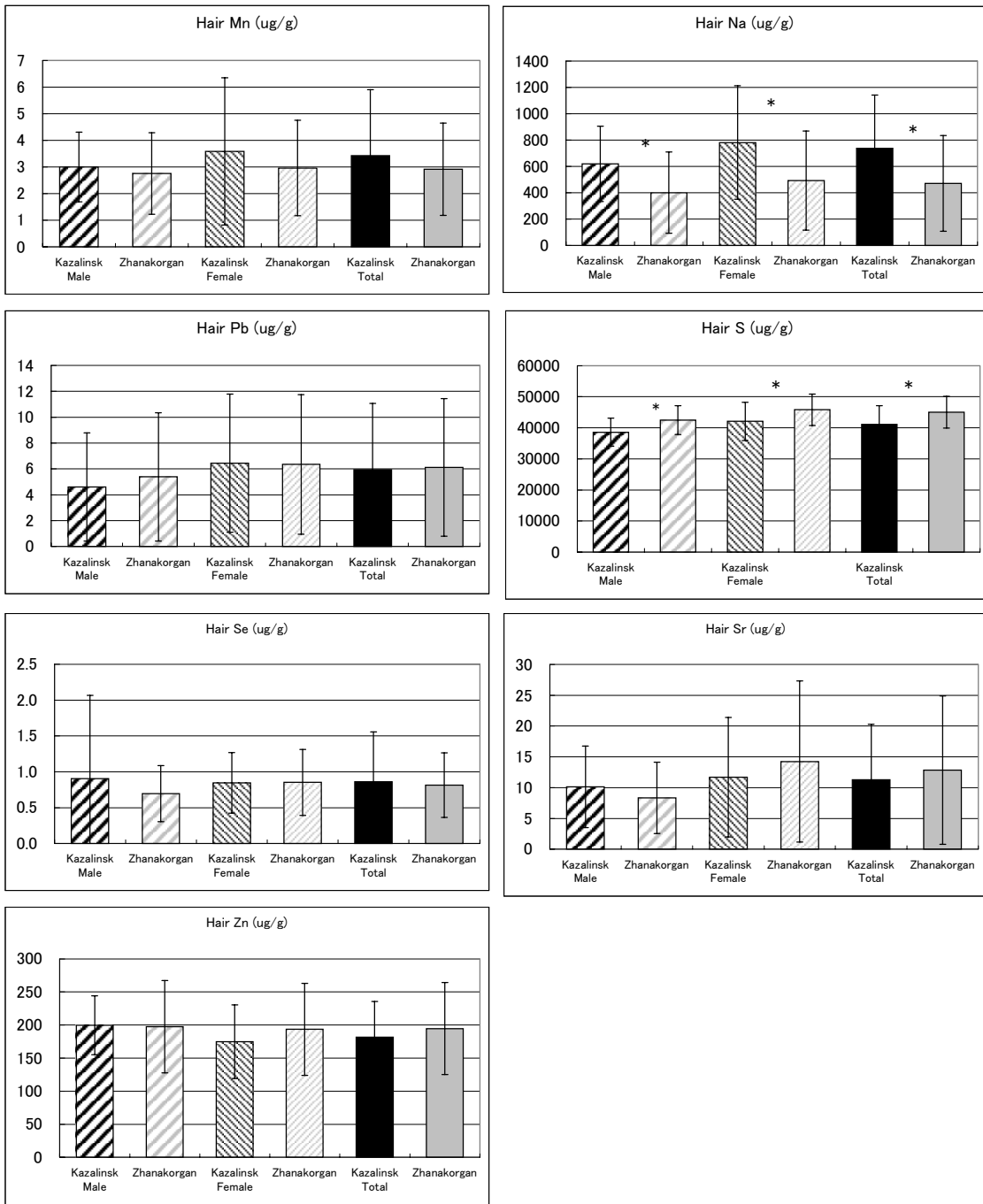


Figure 2-2. Main Element Concentrations in Hair (*: p<0.05)

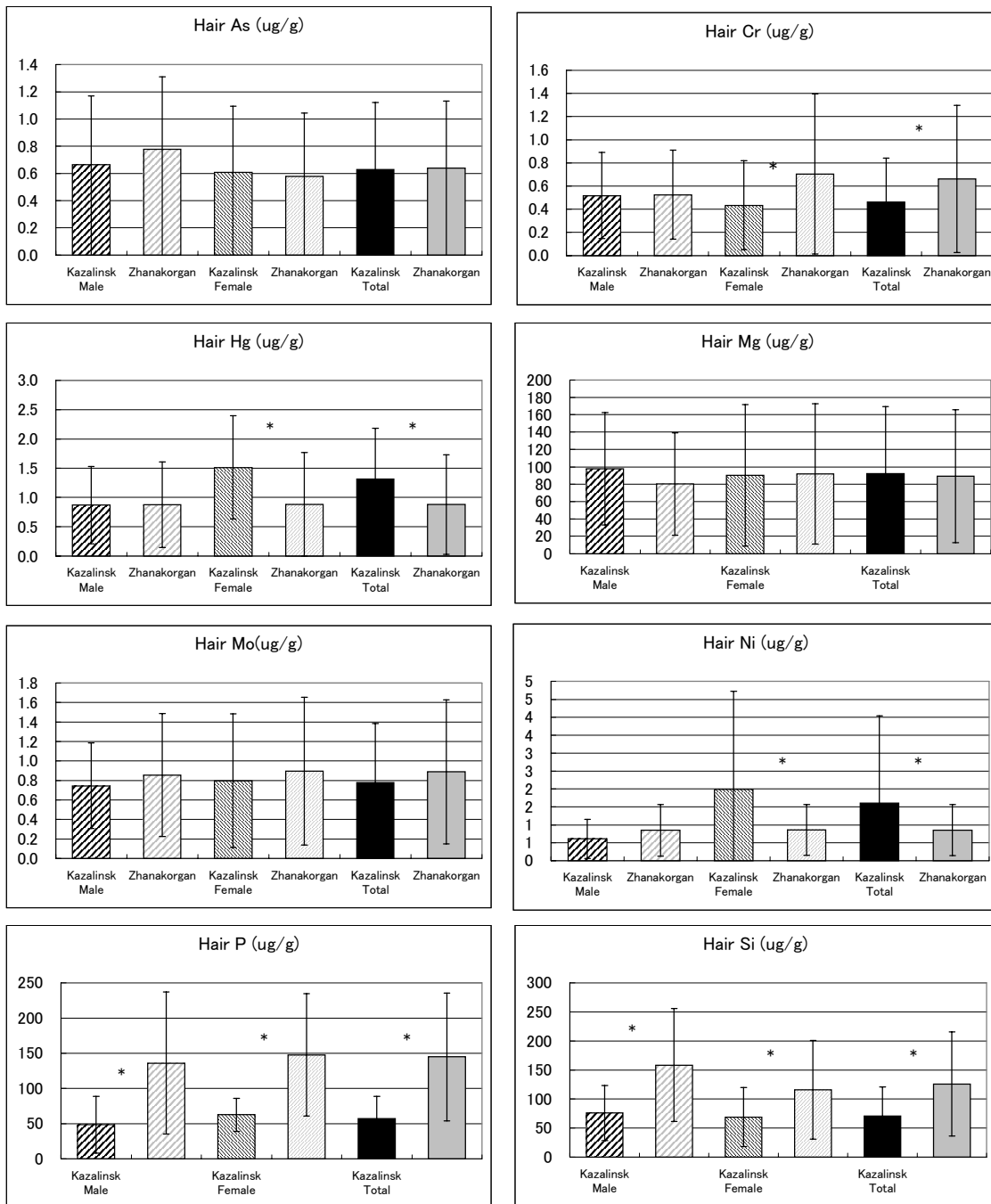


Figure 3. The Other Element Concentrations in Hair (*: $p < 0.05$)

4. 3 アルミニウム (Al) と珪素 (Si)

Al は全試料で検出された。Si は K-地域では男 15 名、女 42 名、Z-地域では男 33 名、女 108 名から検出された。Si は男、女、および全体で、Al は男および全体で Z-地域居住者が有意に高値であった。Al および Si は土壌中に大量に存在する元素であるので、地表が塩などで汚染されていない Z-地域で高値を示したのではないかと考えられる。

4. 4 カルシウム (Ca) , クロム (Cr)、カリウム (K)、リン (P) および硫黄 (S)

Ca, K, S はすべての試料で検出された。Cr は K-地域男 14 名、女 29 名、Z-地域男 25 名、女 106 名から、P は K-地域の男 7 名、女 12 名、Z-地域の男 28 名、女 83 名から検出された。S と P 濃度は男女、全体で Z-地域居住者が高値であった。Ca 濃度は女と全体が、Cr と K 濃度は男と全体が Z-地域居住者で有意に高値であった。これらの元素は栄養条件と関係するのではないかと考えられる。

4. 5 その他の必須元素

必須元素として知られている Co, Cu, Fe, Mn, Se および Zn は全試料から検出され、その平均値に統計的に地域差は認められなかった。Mg は K-地域男 16 名、女 41 名、Z-地域男 29 名、女 98 名、Mo は K-地域男 14 名、女 24 名、Z-地域男 17 名、女 73 名から検出された。いずれも地域間に差は認められなかった。

4. 6 その他の有害元素

As は K-地域男 10 名、女 18 名、Z-地域男 24 名、女 56 名から検出された。Pb は全試料から検出された。しかし、地域差は認められず、また生体に影響を及ぼすほど高値ではなかった。

カザフスタンの医師は当初 Cd 中毒を疑っていた。その理由は腎機能障害をもつ小児が多かったからと考えられるが、Cd は全試料で検出されなかった。

5. 文献

- 1) Glantz MH: Creeping environmental problems and sustainable development in the Aral Sea basin. Cambridge Univ. Press. Cambridge. 1999
- 2) Sera K, Yanagisawa T, Tsunoda H, Futatsugawa S, Hatakeyama S, Saito Y, Suzuki S, and Orihara H: Bio-PIXE at the Takizawa Facility. (Bio-PIXE with a Baby Cyclotron). Int J PIXE 2-3 (1992) 325-330.
- 3) Sera K, Futatsugawa S, and Matsuda K: Quantitative analysis of untreated bio-samples. Nucl Instr Meth B 150 (1999) 226-233.
- 4) 千葉百子、宮本 廣、佐々木敏、橋爪真弘、國井 修、下田妙子、大道正義、稲葉 裕：カザフスタン共和国アラル海周辺地域に住む学童の健康障害調査、その 1：血中元素濃度 日衛誌 57(2002) 219.
- 5) Kaneko K, Chiba M, Hashizume M, Kunii O, Sasaki S, Shimoda T, Yamashiro Y, Dauletbaev D, Caypil W, Mazhitova Z: Extremely high prevalence of hypercalciuria in children living in the Aral Sea Region. Acta Paediatr 91(2002) 1116-1120.