

# 体毛中の元素濃度

加藤 洋、後藤保正、山本恵三

東京都立保健科学大学  
116-8551 東京都荒川区東尾久 7-2-10

## 1 はじめに

体毛は採取・取扱が簡便であり、人体内の各種元素の蓄積・代謝・排泄を反映する有効な指標物質といわれている。そこで国際原子力機構 (International Atomic Energy Agency: IAEA) は 1984 年から 5 年計画<sup>1)</sup>で人体臓器中のミネラル汚染元素に対する指標物質として頭髪の妥当性を検討した。しかしながら、頭髪はパーマ、洗髪剤、着色剤、日光などの外的要因に常に暴露されており、体内臓器との相関のある元素はセレンなど数元素に留まっていることが、1990 年、IAEA は最終報告<sup>2)</sup>した。

環境省は昨年秋から水銀が胎児にどのような悪影響を及ぼすのかを 10 年かけて調査することになった。この背景には、魚肉中の水銀濃度が高く成りつつあることが確認されたことによる。厚生労働省は頭髪中水銀濃度が 50 ppm 以下なら安全としているが、米国の調査では母親の頭髪中水銀濃度が 10 ppm 以上で子供の運動能力・注意力・知能に影響があると報告している。

環境省は頭髪を対象にすると思われるが、先に述べたとおり、頭髪は外的要因に常に暴露されている。我々は体毛の一つである陰毛を評価対象とした。陰毛は頭髪に比べ外的要因に殆ど暴露されておらず、体内の元素濃度分布を反映している可能性があるものも、その報告は殆ど無い。今回は同一個体から提供された頭髪および陰毛中の各元素の濃度分布を検討し、よりよい指標物質となるか否かを検討した。

## 2 試料および測定方法

十分にインフォームドコンセントを行ったボランティアの方たちから頭髪および陰毛を 10 本程度提供され、その際に年齢・着色剤の使用・食生活などの状況を申告して頂いた。対象者は 28 名で、パーマ・着色の有無などは表 1 に示し、平均年齢は 22.3 才であった。各体毛は IAEA が推奨する洗浄方法を採用し、アセトン-水-水-水-アセトンの順で行った。その後、荷電粒子励起 X 線分析法 (PIXE: Particle Induced X-ray Emission) を用い、指定のホルダーに体毛を添付した。PIXE 法で得られた特性 X 線スペクトルから、無標準法元素分析法<sup>3)</sup>で各元素濃度を定量した。

このときの体毛の添付方法および分析位置は、毛根を一方に揃え両端を両面テープで貼りつけた。日本人の頭髪は一月あたり 10 mm、陰毛は 7 mm 成長すると言われていることから、毛根から 15 mm が照射中心位置となることから、採取日から頭髪では約 40 日から 50 日、陰毛では 60 日から 80 日程度前の状況と考えられる。

表1 対象者

性別	男 5名 女 23名
体毛	頭髪 27名 陰毛 28名
パーマ	有り 5名 無し 23名
着色	有り 15名 無し 13名
年齢	平均 22.3±4.0才

### 3 結果および考察

図1が頭髪，図2が陰毛で，検出された25元素の濃度分布を表している。縦軸は $\mu\text{g/g}$ で，エラーバーは $1\sigma$ を表している。数値で表すと表2の通りである。表2から，特にケイ素は大きく異なっていることが分かる。この理由として，洗髪剤に含まれる，特にコンディショナと呼ばれるものの効用として枝毛防止剤が含まれている。この防止剤は有機系ケイ素化合物が用いられ，頭髪をコートするようになり，堅固に付着しているためことに由来する。また，鉄，ニッケル，セレン，ケイ素およびチタンは，頭髪と陰毛に対し5%有意水準で有意差が認められた。

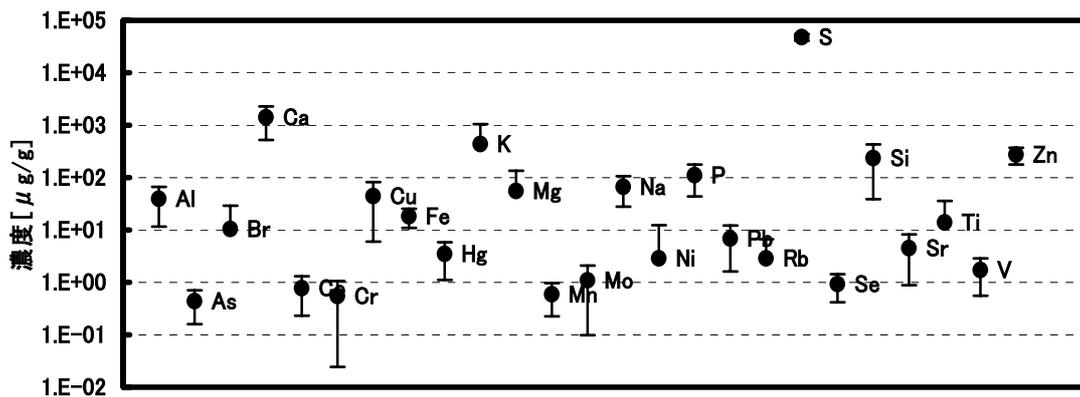


図1 頭髪中元素濃度分布

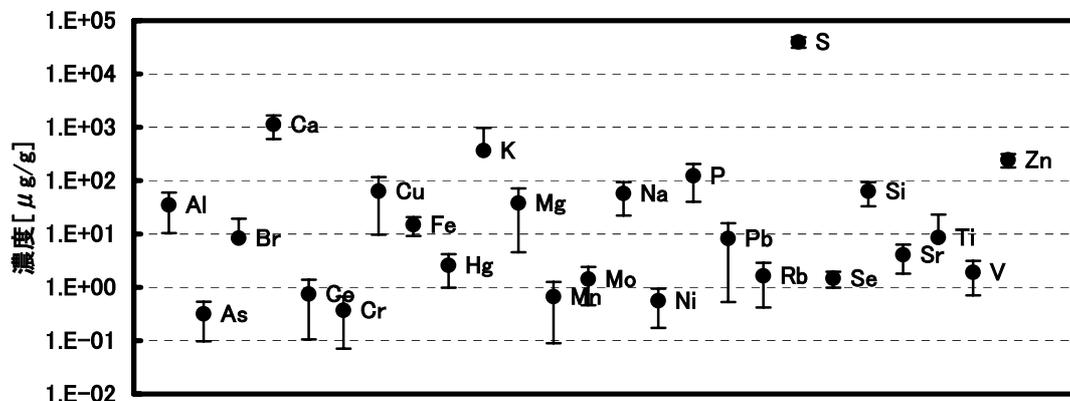


図2 陰毛中元素濃度分布

表2 体毛中元素濃度 (μg/g)

	Al	Br	Ca	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	K	Mg	Mn	Mo
頭髪	39.3	10.5	1410	0.77	0.55	44.3	18.1	3.46	435	55.7	0.60	1.10
陰毛	35.1	8.3	1130	0.75	0.37	63.4	15.0	2.58	364	38.1	0.67	1.44

	Na	Ni	P	Pb	Rb	S	Se	Si	Sr	Ti	V	Zn
頭髪	66.7	2.88	111	6.90	2.87	48100	0.92	234	4.53	13.9	1.71	274
陰毛	58.0	0.56	123	8.29	1.65	39900	1.48	63	4.07	8.6	1.91	245

表3に日本文献値および外国文献値を表す。表中で1は我々の頭髪結果で、1\*は陰毛を示している。ここで特徴的な元素は鉛である。陰毛は頭髪に比べ約3倍と高濃度であり、イタリアの文献値<sup>5)</sup>と比べても遙かに高濃度となっている。次に、着色剤・パーマの有無によるWilcoxonの符号付順位検定を行った(表4)。当然同一固体からの頭髪と陰毛であるため、対応のある母平均の差の検定で行っている。ここでみると着色・パーマ無しは、有りに比べ有意差がある元素が多いことが分かる。逆の結果が得られるものと想像されるが、体毛による成長スピードを考えると有意差があるのが本来の傾向であることが分かる。

表3 体毛中元素濃度の文献値の比較 (μg/g)

	1*	1	2 <sup>2)</sup>	3 <sup>4)</sup>	4 <sup>5)</sup>
As	0.319	0.435	0.185	1.9	0.055
Br	8.34	10.5	6.36		
Co	0.749	0.774	0.061	1.20	
Cr	0.368	0.547	2.44	0.33	1.5
Cu	63.4	44.3	12.5	12.4	6.1
Fe	15.0	18.1	41.6	27.8	51
Hg	2.58	3.46	1.64	5.10	
Mn	0.574	0.595	1.92	0.63	1.5
Ni	0.561	2.88			1.0
Pb	8.29	6.90	0.16		1.4
Rb	1.65	2.87	0.16		0.22
Se	1.48	0.922	0.68	2.5	0.81
Sr	4.07	4.53			1.5
Zn	245	274	208	154	133

表4 Wilcoxonの符号付順位検定(P<0.05)

着色・パーマ無し	Fe, Ni, S, Si, Ti, Zn
着色・パーマ有り	Ca, S, Se, Si

以上をまとめると、陰毛は頭髪に比べ濃度分布域が狭い、シリコンは頭髪が陰毛に比べ5倍程度高い、

銅・モリブデン・セレンは陰毛の方が1.5倍程度高い、臭素・カルシウムなどの元素は頭髮の方が陰毛に比べ高濃度であることが確認された。また鉛は外国文献値に比べ遙かに高濃度であることが見られた。日本の土壌は欧米に比べ高濃度といわれており、そこに育成する食物を摂取している。また、対象者は東京都市圏に在住する者で、化石燃料の排出ガスに多く暴露されていることになる。土壌または排出ガスか、あるいは複合に由来するものかどうかは更なる検討課題といえる。

陰毛は外的要因に殆ど暴露されておらず、またその成長スピードから頭髮よりも濃縮されている可能性があり、微量分析を行う際には頭髮よりも有効と考える。さらに今後は先に報告した体内臓器中の元素濃度を考慮に入れ、有益な指標物質となるか否かを検討したいと考える。

#### 参考文献

- 1) T. Sato, Y. katoh, K. Mizuguchi and M. Eguchi: Short report for the IAEA RCM on the Significance of Hair Mineral Analysis as a Means for Assessing Internal Body Burdens of Environmental Mineral Pollutants, Co-ordinated research programmed on the significance of hair mineral analysis as a means for assessing internal body burdens of environmental mineral pollutants, Vienna, Austria, 11-13 April 1984.
- 2) Y. Yamamoto, T. Sato, I. Mori, et al.: Concentrations of Trace Elements in the Hair, Liver and Kidney from Autopsy Subjects by Neutron Activation Analysis. *Res. Pract. Forens. Med.* 34, 97-108, (1991).
- 3) Sera K, Futatsugawa S, Matsuda K and Miura Y: Standard-free Method of Quantitative Analysis for Bio-samples. *Int. J. PIXE* 6 (No. 3,4), 467-481, (1996).
- 4) Kamakura M: A Study of the characteristics of Trace Elements in the Hair of Japanese. *Jpn. J. Hyg.* 38, 823-838, (1983).
- 5) Moro R, Gialanella G, Zhang YX, Perrone L and Di Toro R: Trace elements in Full-term Neonate Hair. *J. Trace Electrolytes Health Dis.* 6(1), 27-31, (1992).