

# 高周波誘導結合プラズマ質量分析計による 年齢、性、長さ別の毛髪中の元素分析

猶原 順・糸井 真司

岡山理科大学工学部生命医療工学科

(2018年10月24日受付、2018年12月6日受理)

## 1. 緒言

毛髪中元素分析と栄養状態の研究は古くから行われている<sup>1-7)</sup>。また、頭皮直上で切断した毛髪を細片に切って濃度を測定することによってその毛髪がのびた期間における各種の栄養素の動態の変化を把握することが試みられている<sup>8-11)</sup>。毛髪は以下の点での科学的な利用が試みられている。①いろいろな病気(がん)の診断や中毒状態を示す法科学<sup>12)</sup>で、毛髪中の微量元素の調査、②栄養欠乏症状の指標<sup>13)</sup>、③世界的な環境モニタリング<sup>14)</sup>のための生物学的材料、環境汚染の信頼できて便利な生物学的指標<sup>15-19)</sup>、④必須元素(Ca、Cr、Cu、K、Mg、Mn、NaとZn)と有害元素(Ag、Al、Cd、NiとPb)の栄養学的身体状態の評価、⑤環境や職業病などの長期間の有害元素の暴露の指標。また、毛髪中の元素含有量は、年齢、性、解剖学的局在<sup>20)</sup>、毛髪着色剤、民族や地理的起源、食習慣<sup>15)</sup>や環境での暴露<sup>18)</sup>(都市化と工業化と関係している)に依存する。毛髪分析では、内因性沈着及び外因性沈着の違い<sup>21)</sup>や代謝状態のいくつかの問題がある。

前報<sup>22)</sup>では、高周波誘導結合プラズマ質量分析計を用い毛髪中の元素を分析し、日本人と中国人、健康者と非健康者別に比較した。その結果、日本人と中国人の比較では、5%の有意差で、男性中国人より男性日本人の方がCu、Hg、Tlを多く蓄積していた( $p<0.05$ )。健康者と非健康者の比較では、5%の有意差で、必須元素では、非健康者より健康者の方がCaを多く蓄積し、健康者より非健康者の方がNa、Kを多く蓄積していた。また、有害元素では、健康者より非健康者の方がAl、As、Cd、Pbを多く蓄積し、その中でもAl、Pbは有意に高い値を示した( $p<0.05$ )。本報告では、日本人の毛髪中の元素濃度を年齢、性、長さ別に高周波誘導結合プラズマ質量分析計を用いて測定した。

## 2. 実験方法

### 2・1 試料

毛髪試料はサンプル提供者に研究の内容や採取方法、性、年齢、パーマの有無の記入方法を書いた以下のアンケートを配り、理解と同意を得られた物を使用した。毛髪試料はセラミック製のはさみで切り取り試料とした。また、毛髪の長さ別元素濃度の測定には、長さ約30cmの毛髪を女性から10本程度採取した。毛髪試料は5cm、10cm、15cm、20cmごとに毛根から毛先にかけて切り分けた。

### 2・2 前処理

毛髪は電子天びんを用いて約0.01g秤量し、テフロン製分解容器に入れ、マイクロピペットを用いて有害金属測定用硝酸(SIGMA-ALDRICH)6mlを入れ、密閉した。試料の分解は、マイクロウェーブ試料分解装置(Multiwave3000、Anton Paar)を用いて以下の条件で分解した。

分解条件

- ・最高出力：600W
- ・最高温度：150°C
- ・最高気圧：10bar
- ・昇温時間：10分
- ・分解時間：20分
- ・冷却時間：20分

分解した試料をテフロン製分解容器からビーカーに移し、あらかじめmilli-Q水で洗浄したシリンジと0.45 $\mu$ mのDISMIC(ADVANTEC)を使い、メスフラスコへろ過しテフロン製分解容器とビーカーをmilli-Q水で2、3回洗浄した。ろ液は100mlメスフラスコでmilli-Q水を用いてメスアップした。

### 2・3 分析

前処理を行った試料溶液は、高周波誘導結合プラズマ質量分析計（ICP-MS:SII製）により元素分析をした。測定した元素は、Li、Be、Na、Mg、Al、K、Ca、V、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、Ga、As、Se、Rb、Sr、Ag、Cd、In、Cs、Ba、Hg、Tl、Pb、Bi、Th、Uの31元素である。

#### ICP-MSの条件

- ・プラズマガス流量：18.0L/min Ar
- ・補助流量：1.8L/min Ar
- ・ネブライザーガス流量：1.0L/min Ar
- ・サンプリング位置：6.5mm
- ・パワー：1.4kW
- ・ポンプ回転数：3rps
- ・繰り返し回数：5回

この実験で使用した、器具は全て4%の硝酸に1日以上浸漬した後、水道水、蒸留水、milli-Q水の順に洗浄し、乾燥したものをを用いた。

## 3. 実験結果及び考察

### 3・1 毛髪分析

今回測定した全体の毛髪（n=59）の毛髪分析結果をFig.1に示した。Be、Ga、As、Se、In、Cs、Tl、Uは0.01～0.1mg/kgの範囲であった。Li、V、Mn、Co、Rb、Ag、Cdは0.1～1.0mg/kgの範囲であった。Cr、Ni、Sr、Ba、Hg、Pb、Bi、Thは1.0～10mg/kgの範囲であった。Mg、Al、Fe、Cuは10～100mg/kgの範囲であった。Na、K、Ca、Zn、は100～1000mg/kgの範囲であった。また、この分析結果と前報<sup>22)</sup>との比較をしたものTable1に示した。前報<sup>22)</sup>では主に大学生（n=59）の毛髪を測定している。これを本実験結果と比較すると、Liは4.2倍、Beは5.2倍、Naは2.4倍、Mgは2.4倍、Alは1.4倍、Kは3.8倍、Caは2.5倍、Vは3.7倍、Crは1.7倍、Mnは3.5倍、Feは2.4倍、Coは0.2倍、Niは2.3倍、Cuは1.3倍、Znは1.2倍、Gaは6.3倍、Asは7.8倍、Rbは3.1倍、Srは1.7倍、Agは2.1倍、Cdは1.2倍、Inは1.3倍、Csは2.7倍、Baは1.1倍、Hgは1.0倍、Pbは1.8倍、Biは0.8倍、Thは0.1倍、Uは1.0倍でCo、Se、Tl、Bi、Th以外は前報<sup>22)</sup>の値のほうが約1.1～8倍高い値を示した。これは、本実験では前処理として毛髪をmilli-Q水、エタノールで洗浄を行なっているのに対して、前報<sup>22)</sup>では毛髪を採取したままを利用したためと考える。また、本実験の試料は10～80代の年齢を対象にしているのに対して、20歳前後の方が大半であることも関係しているのではないかとと思われる。

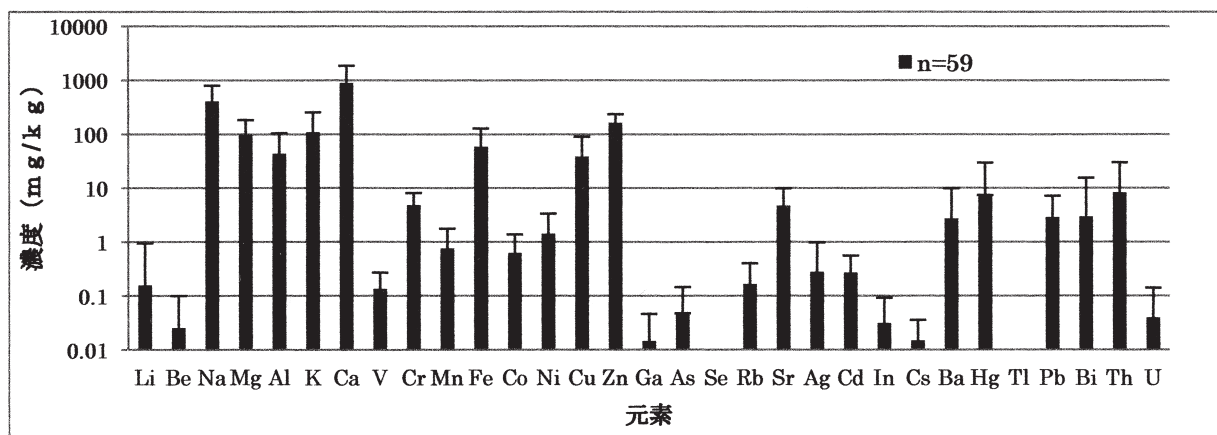


Fig.1 毛髪中の元素濃度

Table1 毛髪分析結果(mg/kg)

	本実験値 (n=59) ±標準偏差	差	前報 <sup>2,2)</sup> (n=59) ±標準偏差
Li	0.15±0.78	<	0.65±0.53
Be	0.03±0.07	<	0.13±0.27
Na	401±394	<	943±608
Mg	97.3±85.8	<	235±198
Al	42.9±60.3	<	58.0±48.4
K	109±143	<	417±293
Ca	885±974	<	2248±1594
V	0.13±0.14	<	0.50±0.78
Cr	4.81±3.24	<	8.07±3.90
Mn	0.76±1.01	<	2.65±3.41
Fe	58.0±70.0	<	139.1±95.6
Co	0.62±0.76	<	0.10±0.10
Ni	1.42±1.92	<	3.23±5.03
Cu	38.0±50.9	≦	48.4±113.0
Zn	160±73.1	≦	195.2±125.2
Ga	0.01±0.03	<	0.09±0.11
As	0.05±0.10	<	0.37±0.42
Se	0±0		136.4±111.5
Rb	0.16±0.24	<	0.50±0.47
Sr	4.69±5.05	<	8.03±6.71
Ag	0.28±0.70	<	0.59±1.59
Cd	0.27±0.29	=	0.31±0.26
In	0.03±0.06	=	0.04±0.08
Cs	0.01±0.02	<	0.04±0.05
Ba	2.70±7.04	=	3.08±1.77
Hg	7.30±22.14	=	7.36±12.97
Tl	0±0		0.10±0.08
Pb	2.85±4.30	<	5.26±10.04
Bi	2.92±12.6	=	2.38±3.11
Th	8.19±21.6	>	0.57±1.26
U	0.04±0.10	=	0.04±0.07

### 3・2 年齢の比較

毛髪を採取する際に年齢、性別、パーマの有無のアンケートを行い比較した。年齢を 0～19、20～29、30～39、40～49、50～59、60～80 歳に分け、それぞれの平均値を Table2 に示した。0 代～80 代の毛髪では年齢が上がるに従って Li、Na、Mg、K、Ca、V、Cr、Mn、Fe、Cu、Ga、Rb、Sr、Ag、Cd、Ba、Pb 濃度は増加傾向が見られた。これらの元素は臓器や組織等に蓄積性が高いことが原因と考えられる<sup>2,3)</sup>。減少傾向が見られた元素、In、Cs、Hg、Bi、Th、U 濃度は減少傾向が見られた。増加傾向が見られた元素の理由は、生体的半減期が長いという特徴があり Pb は約 10 年、Cd で約 20 年とは Al のように大部分が排泄されてしまうものや、他の物質の影響で吸収が阻害されてしまう Zn のような特徴があった<sup>2,4)</sup>。

Table2 年齢別毛髪分析結果(mg/kg)

	0~19 歳 (平均)	20~29 歳 (平均)	30~39 歳 (平均)	40~49 歳 (平均)	50~59 歳 (平均)	60~80 歳 (平均)
Li	0.00±0.00	0.03±0.08	0.00±0.00	0.63±1.69	0.12±0.21	0.04±0.11
Be	0.03±0.09	0.03±0.08	0.04±0.09	0.02±0.05	0.00±0.00	0.04±0.11
Na	334±436	323±232	573±446	546±504	227±163	422±316
Mg	103±75.7	79.5±77.6	56.8±31.7	102±92.9	108±148	145±62.3
Al	59.7±88.6	23.1±78.2	36.5±25.4	64.0±85.7	26.2±33.3	34.1±17.8
K	36.7±45.1	117±121	236±220	110±143	30.8±55.1	194±144
Ca	949±892	539±644	585±621	961±1042	1028±1522	1415±921
V	0.10±0.10	0.12±0.11	0.16±0.07	0.21±0.24	0.08±0.07	0.11±0.07
Cr	4.46±2.46	3.91±0.77	4.49±0.62	6.88±5.87	3.41±1.00	5.61±3.38
Mn	1.08±1.29	0.41±1.06	0.54±0.50	0.78±0.94	0.27±0.15	1.65±1.77
Fe	54.3±70.2	44.9±49.5	36.3±22.2	91.6±117	36.2±49.3	84.5±50.3
Co	0.69±0.80	0.46±0.38	0.77±0.64	0.86±1.27	0.48±0.34	0.32±0.36
Ni	1.99±2.79	1.41±2.28	0.85±0.63	1.69±2.40	0.72±0.91	1.52±0.79
Cu	31.6±24.3	22.9±7.51	25.7±14.3	51.2±76.6	58.8±82.3	38.6±46.7
Zn	160.8±66.1	162±512.0	174±86.1	168±98.5	140±50.7	153±69.7
Ga	0.02±0.03	0.01±0.04	0.01±0.01	0.021±0.05	0.01±0.02	0.02±0.04
As	0.06±0.12	0.06±0.10	0.10±0.17	0.03±0.06	0.01±0.02	0.01±0.02
Se	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
Rb	0.13±0.25	0.11±0.22	0.23±0.24	0.24±0.35	0.05±0.08	0.27±0.20
Sr	5.27±4.87	3.59±4.45	3.23±2.82	5.24±5.49	5.31±8.64	5.39±3.31
Ag	0.18±0.13	0.27±0.23	0.09±0.10	0.29±0.25	0.65±1.77	0.16±0.15
Cd	0.27±0.13	0.18±0.17	0.28±0.12	0.43±0.57	0.22±0.18	0.27±0.12
In	0.024±0.02	0.07±0.13	0.02±0.02	0.03±0.03	0.01±0.01	0.03±0.02
Cs	0.02±0.02	0.01±0.03	0.01±0.01	0.02±0.03	0.01±0.01	0.01±0.01
Ba	2.43±0.14	1.34±1.84	1.28±1.00	2.31±2.40	7.03±17.7	1.92±1.30
Hg	1.35±1.43	25.3±47.3	1.65±0.96	4.30±10.2	3.98±6.71	5.77±7.20
Tl	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
Pb	2.81±4.49	1.47±4.57	1.41±0.84	3.47±4.71	2.68±3.88	6.38±8.08
Bi	0.20±0.42	12.7±27.6	0.10±0.15	0.94±3.17	1.07±2.51	1.34±2.54
Th	2.08±1.78	24.6±44.1	1.79±0.89	5.90±12.5	5.81±12.7	8.09±12.1
U	0.01±0.02	0.17±0.22	0.03±0.02	0.03±0.03	0.02±0.02	0.02±0.04



3・3 性別の比較

毛髪を採取する際に3・2と同様のアンケートを行い男性と女性で分け比較をした。男性 (n=33) と女性 (n=26) で比較したものを Fig. 2 に示した。女性の毛髪中の Mg、Ca、Mn、Ni、Pb 濃度は男性の毛髪と比べて、有意に高い値を示した(p<0.05)。Na、K 濃度は女性より、男性の方が高い値を示した。Na は、体内で Na<sup>+</sup>として存在し、体液や細胞の浸透圧を一定に保ったり、神経や筋肉のはたらきを調整したりするものであり、また Na は細胞外液に多く見られる<sup>25)</sup>。男性と女性では体液量が違い、男性の方が多く水分を保持している。水分の中には細胞外液・細胞内液とがある。つまり、細胞外液量に違いがある可能性が考えられる。この他にも日頃の食事などの影響が考えられる。K についても同等の考察が考えられる。昨年<sup>26)</sup>の佐近による性別の増減傾向を比べると、必須、有害元素で Ba、Co、Ni 以外はおおよそ同じ傾向がみられた。

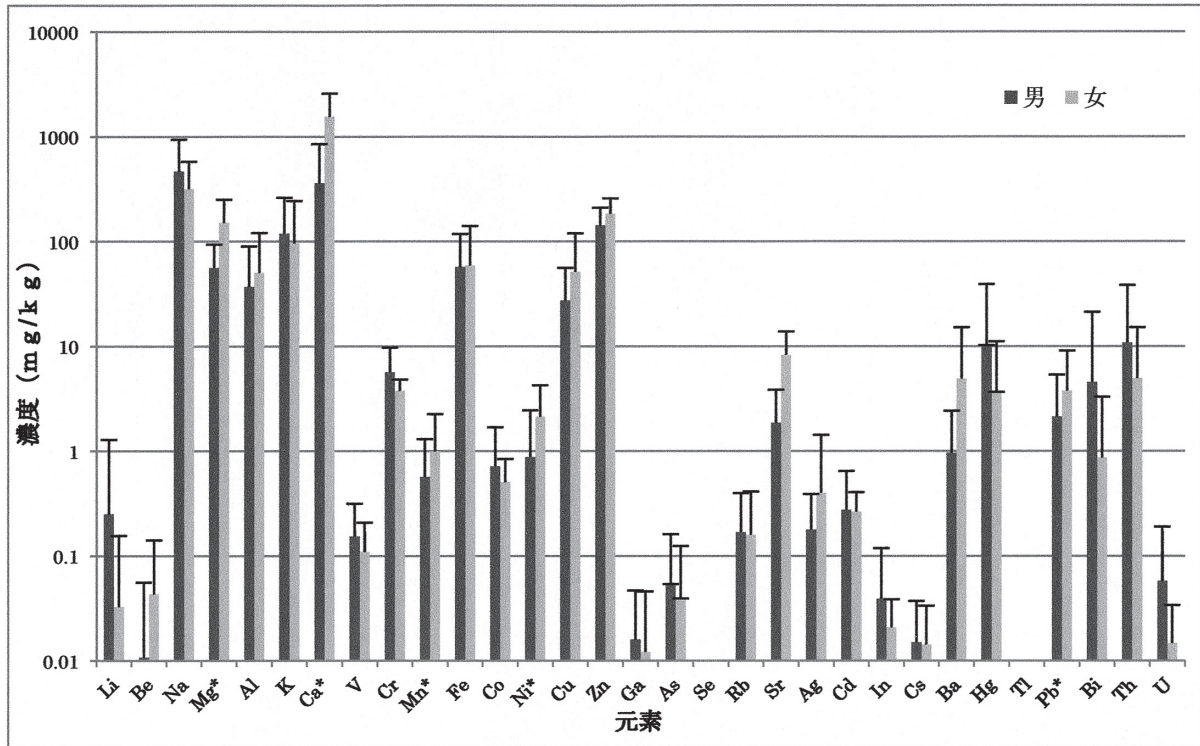


Fig.2 男性と女性の毛髪中の元素濃度

3・4 長さ

毛髪を長さ別に比較したもので特にはっきりと増減傾向がみられた元素を Fig. 3 に示した。これらの長さ別にした毛髪 (n=5) 中の Al、Mn、Ni、Pb 元素濃度は毛根より毛先で高い値を示し、Hg、Be 元素濃度は毛根より毛先で低い値を示した。毛根より毛先で高い値を示した元素は頭髪用化粧品や水道水などに通常含まれており、これらの元素がより暴露しやすい毛先に浸透したことによって外部からの蓄積が多くなり高い値を示したと考えられます。毛根より毛先で低い値を示した Hg は食物連鎖において生物濃縮された魚類などの食物や薬剤の防腐剤から<sup>2)</sup>、Be は喫煙や歯の治療などから体内へ取りこむ事がある<sup>26)</sup>ため、毛髪が生成される毛根付近での元素濃度が高かったと考えられる。

Table3 男性と女性の毛髪中元素濃度(mg/kg)

	男性 (n=33)	女性 (n=26)
Mg	55.8±37.9	150±100
Ca	361±486	1550±1036
Mn	0.57±0.73	0.99±1.25
Ni	0.88±1.56	2.12±2.12
Pb	0.17±0.23	3.77±5.28

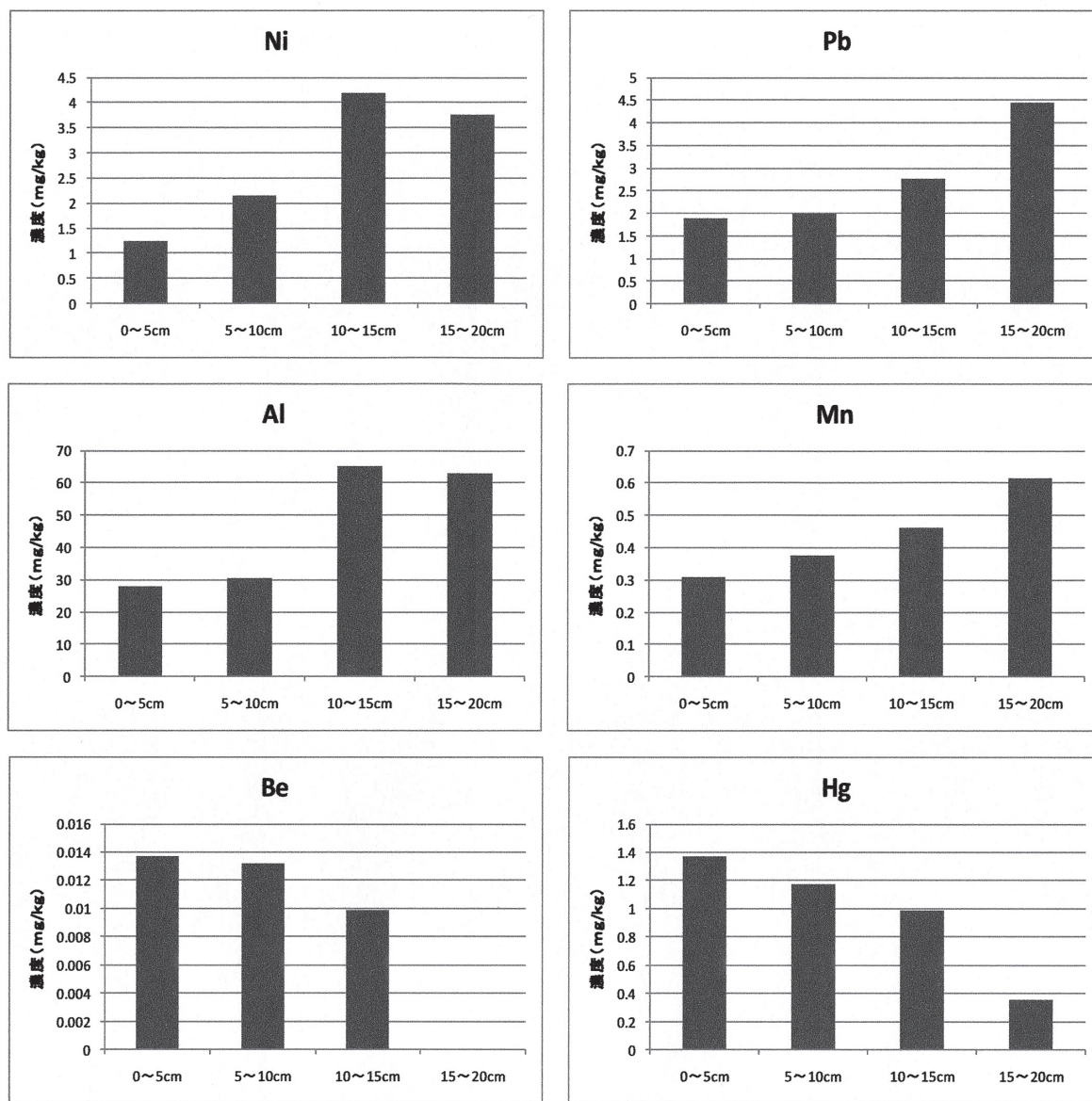


Fig.3 毛髪の頭皮からの長さ別元素濃度

### 3・5 パーマの有無の比較

パーマの有無による比較を Fig.4 に示した。パーマをかけていない毛髪に比べ、かけた毛髪元素濃度は Na、C、K の元素濃度以外全て高い値を示し、Be、Mg、Ca、V、Cr、Mn、Fe、Ni、Ga、Rb、Sr、Ag、Cd、In、Cs、Ba、Hg、Tl、Pb、Bi、Th、U は有意に高い値であった ( $p < 0.05$ )。これはパーマやヘアカラーなど化学的な処理を受けた毛髪は金属と結合しやすい酸性基(メルカプト基・スルホン基・カルボキシル基など)を増加し、イオン交換、キレート生成などの化学的吸着外によって金属の吸着量が多くなるためだと考える<sup>27)</sup>。なので、環境汚染調査などにパーマ処理をおこなった毛髪を用いる場合はキレート剤で汚染物質を除去、または対象外とするのが望ましい<sup>28)</sup>。

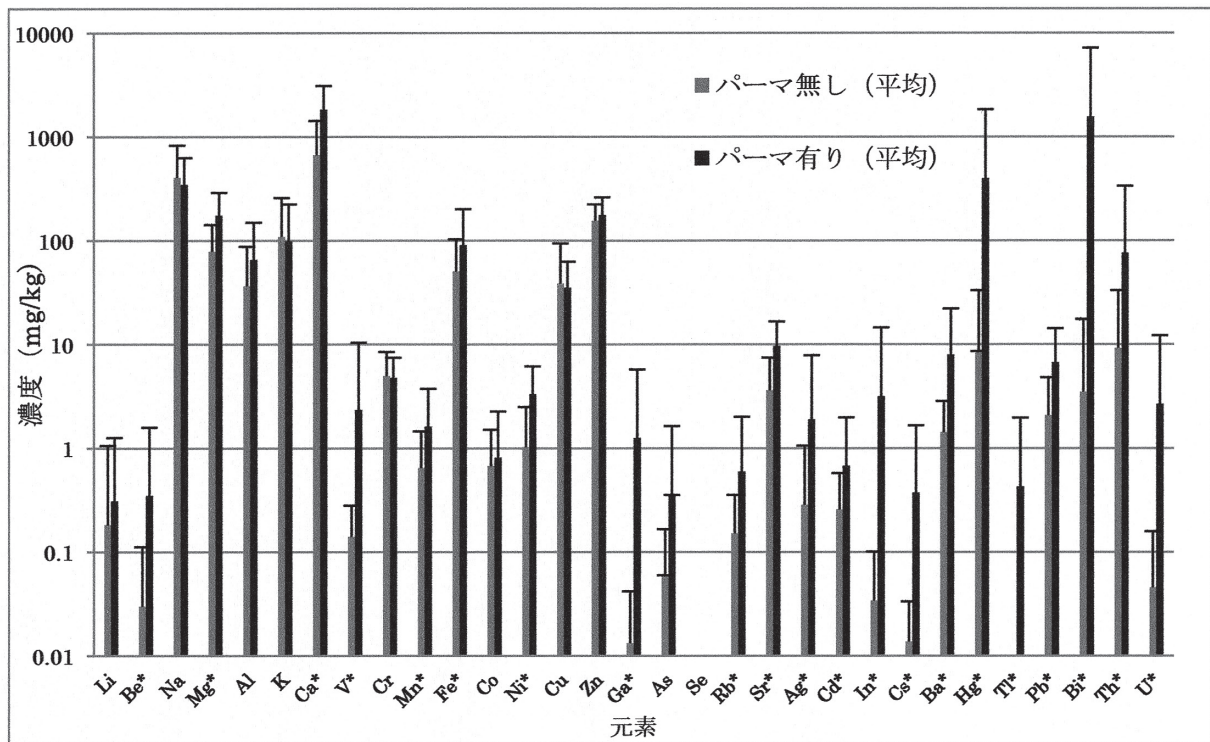


Fig.4 パーマの有無による比較

#### 4. まとめ

高周波誘導結合プラズマ質量分析計を用い毛髪中の元素を分析し、年齢、性別、長さ、パーマ有無別に比較した。

年齢の比較では、年齢が上がるに従って Li、Na、Mg、K、Ca、V、Cr、Mn、Fe、Cu、Ga、Rb、Sr、Ag、Cd、Ba、Pb 濃度は増加傾向が見られ、Be、Al、Co、Zn、Ni、As、In、Cs、Hg、Bi、Th、U 濃度は減少傾向が見られた。

性別では、性より女性の方が Mg、Ca、Mn、Ni、Pb を多く蓄積していた ( $p < 0.05$ )。

長さの比較では、Al、Mn、Ni、Pb が毛根より毛先で高い値を示し、Hg、Be は毛根より毛先で低い値を示した。

パーマ有の毛髪ではパーマ無の毛髪より、Be、Mg、Ca、V、Cr、Mn、Fe、Ni、Ga、Rb、Sr、Ag、Cd、In、Cs、Ba、Hg、Tl、Pb、Bi、Th、U が高濃度であった ( $p < 0.05$ )。

#### 参考文献

- 1) 不破敬一郎、生体と重金属、株式会社講談社、1986.
- 2) 大森隆史、毛髪ミネラル検査のすすめ -見てわかる図解版 デトックス健康法の決め手-、株式会社コスモトゥーワン、2005.
- 3) 木村美恵子、微量元素と健康、生活衛生 (Seikatsu Eisei)、**43**, 1, 7-14, 1999.
- 4) 小倉ひでみ、長谷川玲子、船坂鎌三、小瀬洋喜、25 年間にわたる毛髪中微量元素含量変化の一例、日本家政学会誌、**43**, 1, 53-61, 1992.
- 5) 狐塚寛、丹羽瀬賢、磯野秀夫、角田紀子、科学警察研究所、警視庁科学検査所、毛髪の放射化分析 (第 2 報) 毛髪試料洗浄の微量元素含有量への影響、衛生化学 *THE JOURNAL OF HYGIENIC CHEMISTRY*, **17**, 4, 265-269, 1971.



- 6) 尾立純子、康薔薇、楠本薫、船坂邦弘、湯浅（小島）明子、湯浅勲、女子学生の毛髪中ミネラルの一考察、生活衛生（Seikatsu Eisei）、**47**, 5, 269-275, 2003.
- 7) DOCTOR'S DATA, INC. HAIR ELEMENTS, 3755 Illinois Ave St. Charles IL60174, No148453, 2006.
- 8) 本郷哲郎、鈴木継美、石田裕美、鈴木久乃、若年女子成人における毛髪中亜鉛濃度の頭皮直上からの長さによる変動、日本栄養・食糧学会誌、**41**, 1, 17-22, 1988.
- 9) 黄金旺、樋口英雄、浜口博、中性子放射化分析法による毛髪中の微量元素の定量-低温灰化と水和五酸化アンチモン処理の適用、JAPAN ANALYST, **22**, 1586-1591, 1973.
- 10) 前田隆子、田中俊行、富永好之、船川一彦、能勢隆之、伊藤隆志、寺川直樹、ヒトの周産期における Zn, Cu, Ca および Mg の動態に関する研究-母体血中、臍帯血中および新生児頭髪中の含量の検討、島医短大紀要、**22**, 5-10, 1994.
- 11) 篠原厚子、千葉百子、微量元素の健康への影響、応用物理、**70**, 7, 823-826, 2001.
- 12) Wang, X., Zhuang, Z., Zhu, E., Yang, C., Wan, T., Yu, L., Multi element ICP-AES analysis of hair samples and a chemometrics study for cancer diagnosis. *Microchem. J.* **51**, 5., 1995.
- 13) Apostoli, P., Elements in environmental and occupational medicine. *J. Chromatogr. B* **778**, 63, 2002.
- 14) Morton, J., Carolan, V.A., Gardiner, P.H.E., Removal of exogenously bound elements from human hair by various washing procedures and determination by inductively coupled plasma mass spectrometry. *Anal. Chim. Acta*, **455**, 23., 2000.
- 15) Miekeley, N., Dias Carneiro, M.T.W., Porto da Silveira, C.L., How reliable are human hair reference intervals for trace elements? *Sci. Total Environ.* **218**, 9., 1998.
- 16) Lekouch, N., Sedki, A., Bouhouch, S., Nejmeddine, A., Pineau, A., Pihan, J.C., Trace elements in children's hair, as related exposure in wastewater spreading field of Marrakesh (Morocco). *Sci. Total Environ.* **323**, 243-244, 1999.
- 17) Bencko, V., Use of human hair as a biomarker in the assessment of exposure to pollutants in occupational and environmental settings. *Toxicology* **101**, 29, 1995.
- 18) Ashraf, W., Jaffar, M., Anwer, K., Ehsan, U., Age- and sex-based comparative distribution of selected metals in the scalp hair of an urban population from two cities in Pakistan. *Environ. Pollut.* **87**, 61, 1995.
- 19) Ashraf, W., Jaffar, M., Concentrations of selected metals in scalp hair of an occupationally exposed population segment of Pakistan. *Int. J. Environ. Stud.* **51**, 313, 1997.
- 20) Bermejo-Barrera, P., Moreda-Pineiro, A., Bermejo-Barrera, A., Bermejo-Barrera, A.M., Application of multivariate methods of scalp hair metal data to distinguish between drug-free subjects and drug abusers. *Anal. Chim. Acta* **455**, 253, 2002.
- 21) Hać, E., Czarnowski, W., Gos, T., Krechniak, J., Lead and fluoride content in human bone and hair in the Gdańsk region. *Sci. Total Environ.* **206**, 249, 1997.
- 22) 猶原順、佐近慶之、高周波誘導結合プラズマ質量分析計による毛髪中元素分析、岡山理科大学紀要.A,自然科学、**52**、99-107、2017.
- 23) 瓦家敏男、岡三知夫、堀口俊一、肺中微量元素について、生活衛生、**21**、5、145-152、1977.
- 24) 森田昌敏、重金属の代謝と体内分布、有機合成化学協会誌、**39**、11、1083-1096、1981.
- 25) 岩本隆宏、喜多紗斗美、心血管病における 1 型  $\text{Na}^+/\text{Ca}_2^+$  交換体(NCX1)の役割、日薬理誌、**129**、4、262-265、2007.
- 26) 増原英一、接着性レジンと接着ブリッジ、口腔病学会雑誌、**48**、3、307、1981.
- 27) 宇津敦、渡辺太一、荻野秀一、廣一、毛髪へのカルシウムイオンの収着現象に関する研究、日本化粧品技術者会誌、**22**、2、88-95、1988.
- 28) 大森佐與子、放射化分析による生体試料中の多元素の計測、環境技術、**15**、7、537-543、1986.



## **Analysis of elements in hair by age, sex and length by high performance inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS)**

**Jun NAOHARA and Shinji ITOI**

*Department of Biomedical Engineering, Faculty of Engineering,  
Okayama University of Science,  
1-1 Ridai-cho, Kita-ku, Okayama 700-0005, Japan*

(Received October 24, 2018; accepted December 6, 2018)

Elements in the hair were analyzed using high performance inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) and compared for each age, sex, length, and presence or absence of permanent of hair. In terms of age comparison, concentrations of Li, Na, Mg, K, Ca, V, Cr, Mn, Fe, Cu, Ga, Rb, Sr, Ag, Cd, Ba and Pb were increasing with increasing age. Be, Al, Co, Zn, Ni, As, In, Cs, Hg, Bi, Th and U concentrations showed a decreasing tendency. In gender, females accumulated more Mg, Ca, Mn, Ni and Pb than men ( $p < 0.05$ ). In comparison of lengths, Al, Mn, Ni and Pb showed higher values at the tip of the hair than the hair root, and Hg and Be showed low values at the end of the hair than at the hair root. In the comparison of the presence or absence of a permanent, it is found that Be, Mg, Ca, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Ga, Rb, Sr, Ag, Cd, In, Cs, Ba, Hg, Tl, Pb, Bi, Th, U were high concentration ( $p < 0.05$ ).

**Keywords :** Essential element, Toxic element, Hair, ICP-MS

