

資料

25年間にわたる毛髪中微量元素含量変化の一例

小倉ひでみ, 長谷川玲子, 船坂 録三*, 小瀬 洋喜

(岐阜市立女子短期大学, * 岐阜県公衆衛生検査センター)

平成3年4月1日受理

A Case of the Variation in Amounts of Trace Elements in
Hair Covering Twenty-Five Years

Hidemi OGURA, Reiko HASEGAWA, Ryozo FUNASAKA* and Youki Ose

Gifu City Women's College, Gifu 502

* Gifu Research Center for Public Health, Gifu 500

Keywords: hair 毛髪, trace elements 微量元素, with adding to years 加齢, health condition 健康状態, inductively coupled plasma emission spectrometry プラズマ発光分光分析 (ICP).

1. 目 的

毛髪は、微量元素の排泄器官としての役割を果たしており、毛髪中の微量元素含量を分析することにより、体内の微量元素の状態を知ろうとする試みが行われてきた。とくに水銀などの汚染の実態を明らかにするため^{1)~5)}、広範な調査が行われ、毛髪中の元素含有量を指標として用いることが明らかにされた。

桜井⁶⁾, Takeuchi^{7)~9)}, Kamakura¹⁰⁾¹¹⁾, 川内¹²⁾, 三笠¹³⁾, 狐塚¹⁴⁾, 丸茂¹⁵⁾, 今井 (準)¹⁶⁾らにより、特定作業場や環境汚染による特定の汚染金属の毛髪中元素濃度についてのみならず、必須元素等の分析結果の報告がなされるようになった。毛髪分析により栄養状態を評価し、食生活の指針にしようとの試みもなされている。しかしながら、それらの報告はいずれも多数の被検者を対象とし、その平均値をもって加齢、性別、地域、職業などの傾向を把握しようとした横断的研究である。

著者らは同一男子被検者1名の昭和41年から平成2年に至る25年間の毛髪試料について、プラズマ発光分光分析(以下 ICP と略す)による元素分析を行い、加齢および健康状態なども含め、毛髪中微量元素の変動について縦断的に検討を行った。

2. 方 法

(1) 被 検 者

被検者は現在65歳の男性で、28歳のときに腎臓結核により左腎摘出を行い、35歳のときに腎臓結石により右尿管の手術を行っている。その後日常的には健康である。

被検者は昭和42年以来、岐阜市民病院、東海中央病院、岐阜県立健康管理病院の短期人間ドックおよび成人病自動化健診を受診している。その記録に基づく臨床検査結果および総合判定結果を表1, 2に示す。各検査方法については検査結果表に記載されていないが、検査方法の変更されたものについては注記されている。表2に示すように、要精検項目は、循環器系については心電図による左心室肥大、心室性期外収縮、ST-T異常、肝・胆道系については胆石影像の検出、腎・泌尿器系ではタンパク漏出を主として、また胃・十二指腸系は潰瘍、脂質代謝系は総コレステロール、その他ではRAテスト陽性などがある。これらのうち、循環器系は毎回異常を認め、心電図によるST-T異常が経年的にやや悪化しているとの診断を受けており、腎・泌尿器系は折々尿タンパク陽性のため要精検となっている。

毛髪分析の対象とした期間のうち昭和48~54年ごろには尿タンパク陽性を認め、本人も体の不調を訴えてい

表 1. 被検者の臨床検査成績

年	齢	41	46	47	49	50	53	55	56	58	60	62	64
受診年月	月	S42.12*	S48.2**	S49.2	S50.9	S52.2	S54.10	S56.9	S57.10	S60.1	S62.3	H1.1	H3.1
身長 (cm)		162	162	161	162	162	162	162	162	162	161	162	161
体重 (kg)		70	66	67	68	68	68	68	66	65	68	70	69
肥満度 (%)		26	18	17	17	19	19	19	15	14	23	25	25
血圧 (最高) (mmHg)		128	120	144	140	154	144	153	140	144	156	145	169
血圧 (最低) (mmHg)		88	90	96	94	102	100	95	98	92	97	94	87
血液学													
白血球数 ($\times 10^3/\text{mm}^3$)		4.7	5.5	4.6	4.4	4.4	5.0	5.0	4.4	4.6	4.6	5.2	4.7
赤血球数 ($\times 10^4/\text{mm}^3$)		459	491	457	476	474	492	495	487	493	494	478	497
ヘモグロビン量 (g/dl)		15.0	15.9	14.8	15.1	15.6	15.5	15.9	15.8	15.6	15.7	15.7	16.5
ヘマトクリット値 (%)		45.0	46.0	44.0	45.3	44.6	45.0	46.0	45.8	46.8	46.9	46.8	47.6
生化学													
血糖 (mg/dl)		104	104	167	164	196	147***	183***	168***	148***	176***	116	126
S-GOT (IU/l)		42		60***	41***	50***	38	34	28	49	40	38	36
S-GPT (IU/l)		64		89***	50***	51***	67	52	34	84	53	58	46
ALP (IU/l)				20.0***	19.5***	18.7***	163	158	132	140	129	144	143
LDH (IU/l)						183***	309	291	274	316	370	347	333
γ -GTP (IU/l)							72	78	56	88	51	60	58
尿酸 (mg/dl)				17	12	12	16	14	17	15	14	20	14
クレアチニン (mg/dl)							1.41	1.29	1.31	0.97	1.29	1.33	1.20
尿酸 (mg/dl)				3.7	3.0	3.2	3.8	4.3	4.2	4.2	4.7	5.2	4.5
カルシウム (mg/dl)							9.4	9.2	9.0	8.9	9.0	8.6	8.9
無機リン (mg/dl)							3.1	3.0	2.6	2.9	2.8	2.4	2.3
総コレステロール (mg/dl)		191	220	228	268	260	222	257	253	251	258	252	239
β -リポタンパク (mg/dl)										482	634	591	568
中性脂肪 (mg/dl)													
総タンパク (g/dl)				6.9	7.2	6.9	143	156	126	128	180	164	187
アルブミン (g/dl)				4.0***	4.3***	4.0***	6.7	7.1	6.5	6.9	6.8	6.6	6.9
A/G 比				1.3	1.4	1.3	4.0	4.2	4.0	4.1	3.9	3.6	3.9
尿													
タンパク半定量 (mg/dl)		30	0	0	100	30	300	0	0	0	0	100	100
pH				6.5	6.0	6.5	5.5	6.0	6.0	6.0	6.0	7.0	5.5

* 岐阜市民病院短期人間ドック成績. ** 公立学校共済組合東海中央病院短期人間ドック成績. それ以外は岐阜県立健康管理院の人間ドック成績.

*** 検査法が異なる.

25 年間にわたる毛髪中微量元素含量変化の一例

表 2. 被検者の臨床検査値総合判定結果

	S 42.12	S 48.2	S 49.2	S 50.2	S 52.2	S 54.10	S 56.9	S 57.10	S 60.1	S 62.3	H 1.1	H 3.1
身体状況	B			B	B	B	B	B	B	B	B	B
呼吸器系	B, BF	B	B	B	A	B	B	B	B	A	B	B
循環器系	A		CF	B	C	C	C	C	C	C	C	C
眼科系	B, BF	A		A	A	A	A	A	A	A	A	A
胃・十二指腸系	B	B	CF	A	B	C	B	A	B	B	A	A
肝・胆道系	A, B	A, E		B	B	C	C	A	C	B	B	B
糖代謝系	A	B	B	B	B	A	B	A	A	A	B	B
脂質代謝系									C	A	A	A
腎・泌尿器系	A	C	A	B	B	C	A	B	A	A	C	C
血液系	A	A		B	B	A	A	A	A	A	A	A
その他				B	B	B	B	C	B	C	A	B

＜判定区分の略号＞ S42, S48 A:ほぼ正常, B:わずかに異常を認めるが日常生活に差し支えない, BF: Bで経過をみる必要あり, C:日常生活上注意を要する, D:治療を要する, E:精密検査を要する. S49以降 A:ほぼ正常, B:軽度の異常, BF: Bで要経過観察, C:要精検, CF:3カ月以内に精検の必要あり, D:要治療

た。昭和48年には検査結果より指示を受け、数週間通院治療を受けたが、状態が改善されないため通院を中止し、漢方の牛黄、田七人參、麝香の服用を続け、自覚的に良好な状態に至ったが、平成3年にはやや疲労感を訴えている。

(2) 毛髪の採取部位、採取方法

被検者は、調髪を自宅で行い試料の収集を行ってきたが、禿頭で毛髪量が少なく、また本人および家人の都合による調髪期間の不同と、試料量の多寡があり、量的に分析対象となりえぬものもあった。分析対象とした試料数は129で、その試料数を年次別、季節別に表3に示す。

(3) 分析条件

1) ICP

分析はICPによって行った。Fe, Mn, Zn, Ba, Sr, Cu, Al, Ca, Mg, Na, P, Kの12元素について検討を行った。ICPの測定条件は下記のとおりである。

機種：ICAP-575 MARK II (日本ジャーレルアッシュ(株))、周波数：27.12 MHz、出力：1.6 kW、冷却ガス：Ar 16 l/min、プラズマガス：Ar 0.6 l/min、サンプルガス：Ar 0.44 l/min、試料吸い上げ量：1 ml/min、積分時間：7秒、スリット幅：入口25 μm、出口25 μm、ネフライザー：クロスフローネフライザー。

分析元素	波長 (nm)	光電子 倍增管電圧(V)
Fe	238.2	740
Mn	257.6	620

Zn	213.9	670
Ba	455.4	620
Sr	407.8	700
Cu	324.8	860
Al	396.2	850
Ca	369.8	305
Mg	279.6	345
Na	589.6	580
P	213.6	870
K	769.9	980

(Kのみ出力 1.0 kW, サンプルガス 0.53 l/min.)

共存イオンによる干渉を取り除くため、Winge¹⁷⁾らの条件に従い、干渉の少ない分析線を用いた。また、この分析線を用いて内部標準法により定量可能であることを確認した。

2) 毛髪の前処理条件

毛髪中元素の測定に及ぼす洗浄条件などの前処理による影響が知られている⁷⁾¹⁴⁾¹⁵⁾¹⁸⁾¹⁹⁾ので、用いる中性洗剤濃度とその浸漬時間による影響をあらかじめ検討し前処理条件を決定した。すなわち、被検者とは別の20歳の健康な女子の毛髪の一定部分の約2 cmを取り、5 mm程度に切りよく混合後中性洗剤処理を行った。中性洗剤としては界面活性剤としてアルキルエーテル硫酸エステルナトリウムと脂肪酸アルカノールアミドを主成分とする花王(株)の無リン合成洗剤を用いた。中性洗剤処理は毛

表 3. 年次別, 季節別分析 sample 数

季 節	年															次										平成 1	2	計	平均後
	昭和 41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63						
春(3～5月)		2		1		3	2	1	2		1		3	1	2	3	2	2	2	1	2	1	2	1	1	3	5	20	
夏(6～8月)		1		1	1		3	2	2	1		1		1	2	1	2	2		2	1	1	1		3	1	29	19	
秋(9～11月)		1	2	1	1		2	3	2	2	2	1	2	2	2	1	2	1	2	1	1	1	1		1	1	35	23	
冬(12～2月)		2	2	1	2	1	1	2		1	1		2	2	3	1	1	1	1			2	1	1	2		30	20	
計		2	6	3	5	3	4	9	6	7	4	3	4	7	7	7	6	7	6	4	4	6	4	5	7	3	129	82	

髪約 1g ずつを 0.2, 1, 5%液を用い, それぞれ 30 分, 12 時間, 24 時間浸漬し, 洗浄, 風乾後, 60℃ で 8 時間乾燥し, デシケーター中に保管した. 同一洗浄条件による試料を 2 分割し, 二つの分析試料とした. また中性洗剤処理を行わないものも分析試料に加えた.

この約 0.5g を精秤し, バイレックス製試験管に取り, 試薬特級硝酸 (和光純薬工業, 有害金属測定用) 4ml を加え, 一夜静置したのち, 90~130℃ の砂浴中で加熱分解した. 分解終了後イオン交換精製蒸留水を加えて希釈し, 東洋濾紙 No. 5C でろ過水洗し, 定容とした. これを試料として用い ICP によって測定した.

測定結果は対照として検体を加えず, 同様に硝酸分解操作を行い, 試料の測定値から対照試験の値を差し引いて検体中濃度を乾燥重量あたりの含有量 ($\mu\text{g/g}$) とした. 測定結果を図 1 に示す.

中性洗剤の原液を ICP により分析した. 分析の結果, 中性洗剤の Na 含量は 12,000 $\mu\text{g/g}$ ときわめて高いが, Mg, K, Ca については 1,000 $\mu\text{g/g}$, 240 $\mu\text{g/g}$, 10 $\mu\text{g/g}$ 程度であり, その他については検出限界以下であった.

図 1 に示すように, 中性洗剤の洗浄により毛髪中成分が減少するものは K, Mg, Al, 増大するものは Na, Zn, P で, Na, Mg は濃度依存的に増大し, 中性洗剤よりの毛髪中への浸透であることを認めた. K, Al の減少は濃度依存性が認められないので, 汚染物の除去と考えられる. 濃度および浸漬時間による変動をやや認めるものもあるが, 長期保存による汚染物をできるだけ除去するために, 5%, 24 時間洗浄とした. 5%, 24 時間洗浄による二つの試料の変動は少なく, この条件のものを分析試料とした.

3. 結 果

検体の採取期間が不同であるので, 各試料の分析値は春 (3~5 月), 夏 (6~8 月), 秋 (9~11 月), 冬 (12~2 月) にまとめて, 同一季節に複数試料のあるものは分

析値の平均値を求め, その 82 の分析値を図 2~8 に示した.

4. 考 察

毛髪中元素の分析値についての報告は, いくつかみられ⁵⁾⁻¹⁶⁾, 日本人毛髪の重金属濃度については, 地研全国協議会環境保健部会頭髪重金属研究班の全国的な規模による広範な調査⁵⁾により地域差は認められているが, 今井 (準)¹⁶⁾は, 岐阜県下の 265 名 (年齢 2~82 歳) の毛髪分析を Cd, Cu, Pb, Zn, Mn, Hg, Ca, Mg の 8 元素について行って, 岐阜県における正常値として提案しているので考察にはこの値を参考とした.

図 2~8 に示した毛髪中微量元素間における相関関係を表 4 に相関行列として示す.

1%の危険率で有意な相関性を示したのは Na-Mg, Sr-Ca, Na-K, Al-Ba, K-Mn, Mg-K, Ca-Zn, Na-Mn, Mg-Mn, Fe-Mn, Sr-Al で, 同族元素に類似傾向を示すものが多いが, 同族元素に属さないものでも類似傾向の高いものがあつた.

毛髪中の, Na, Mg 含有量が減少した時期と一致して臨床所見の悪化がみられ, それらが回復する時期と一致して臨床所見が改善し, 病勢との関連があると考えた. 健康状態の良好なときの Na 濃度は, 対照とした 20 歳, 健康な女子の 5% 24 時間洗浄値に近いが, 臨床所見悪化時には低下していることは, 合成洗剤よりの毛髪中への移行が困難な毛髪状態となっていることも推察される. この点については今後の検討に待ちたい.

K においても Na, Mg と類似した傾向を示したが, 30 $\mu\text{g/g}$ から 10 $\mu\text{g/g}$ への減少であり, 濃度的には Na, Mg の変動のほうが著しい. 被検者はこの不調期間中腎機能とともに心電図の異常を示していた.

狐塚¹⁴⁾ら, 丸茂¹⁵⁾らは, Na, K は洗髪により減少し, 汗により供給されることを示している. 被検者の洗髪状況はとくに変動なく行われてきたが, 平成元年以降の

25年間にわたる毛髪中微量元素含量変化の一例

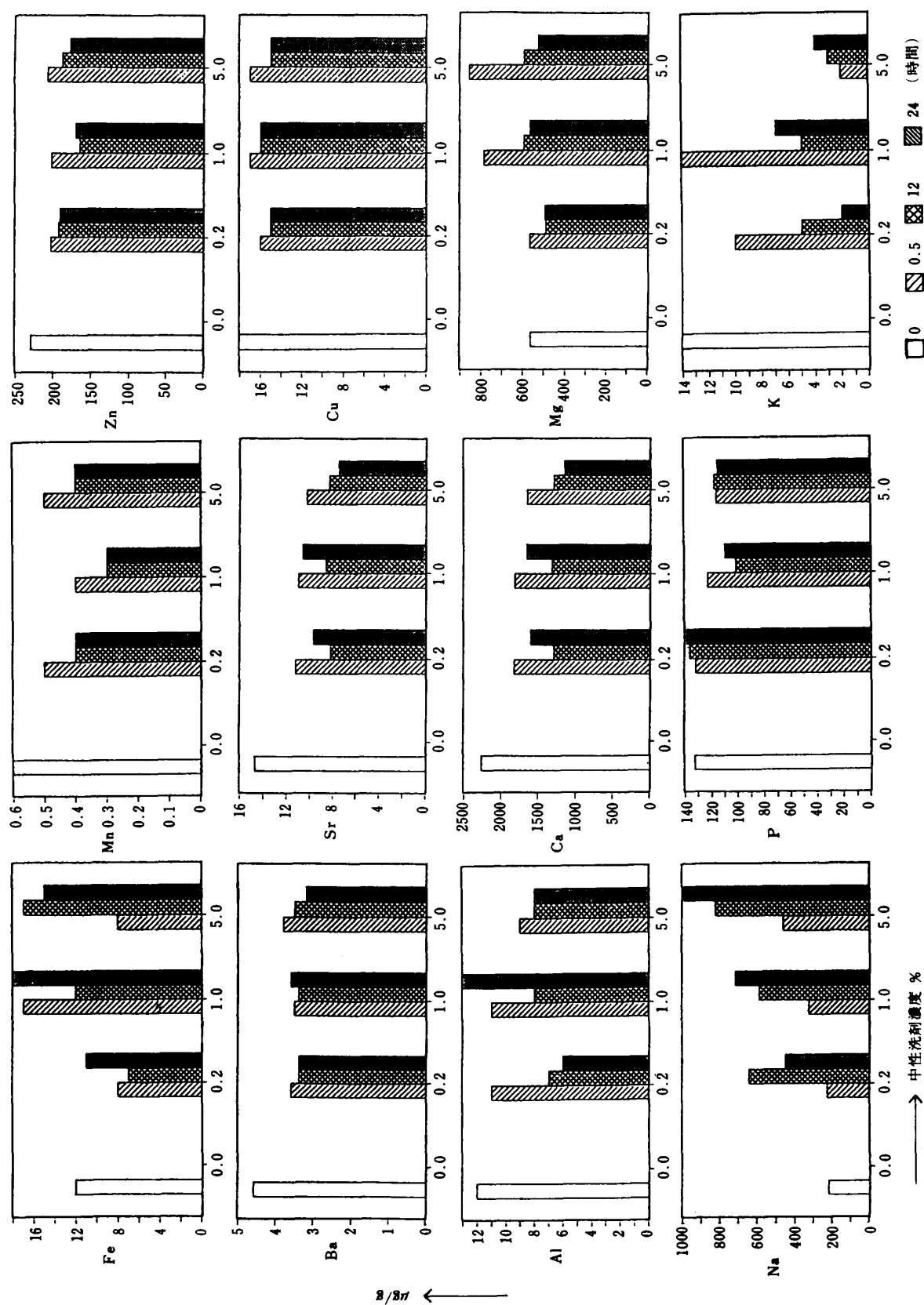


図 1. 毛髪 of 洗浄条件と微量元素含量への影響

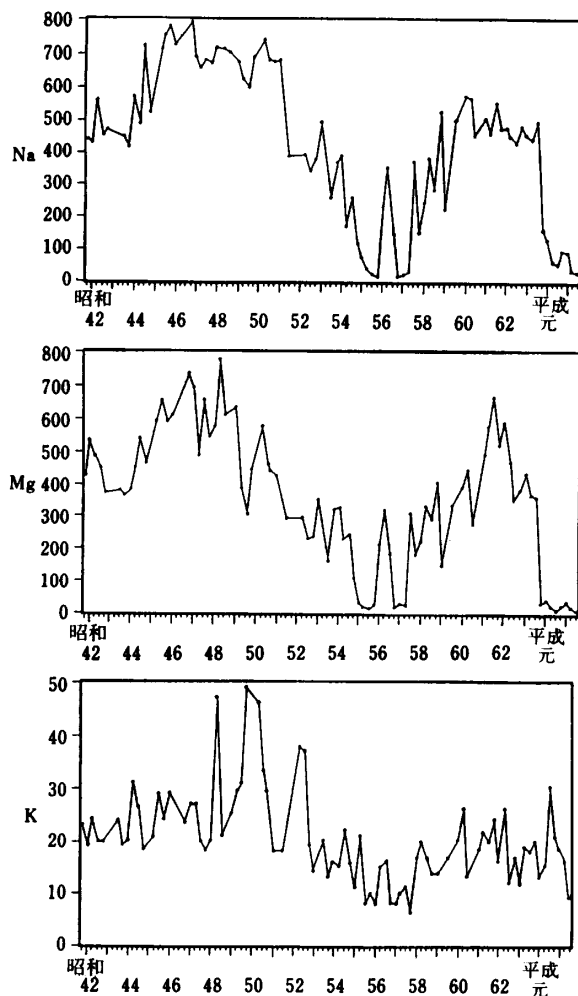


図 2. 毛髪中Na, Mg および K 含量の経年変化 (μg/g)

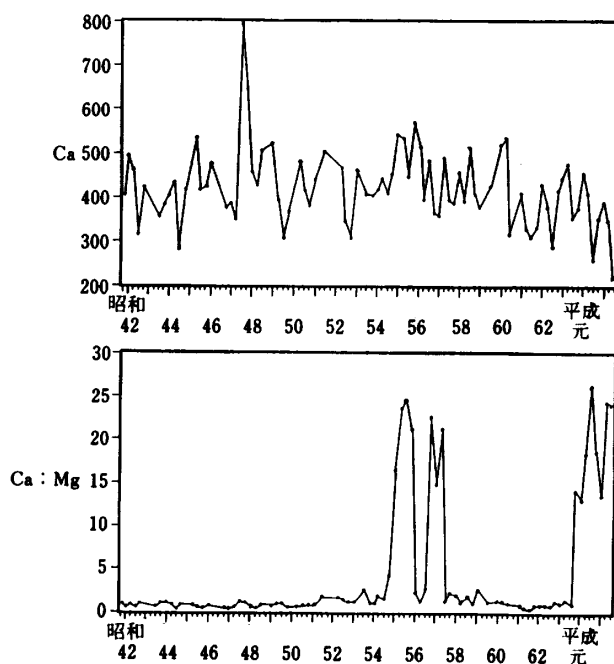


図 3. 毛髪中Ca 含量 (μg/g) と Ca:Mg 比の経年変化

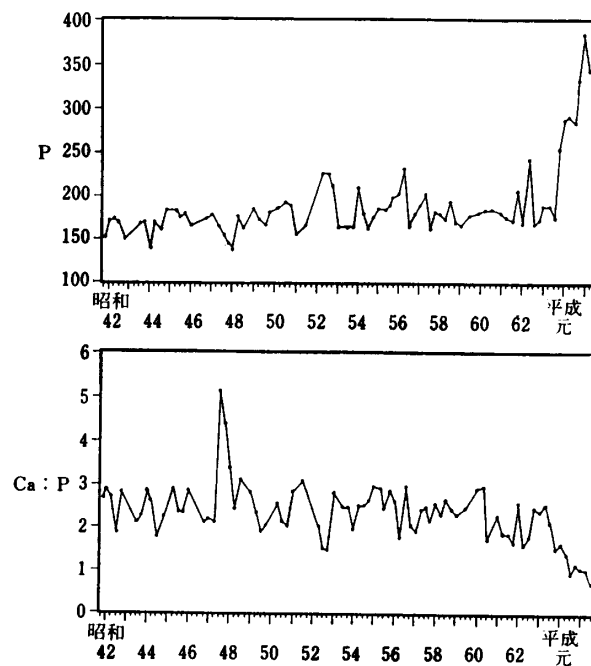


図 4. 毛髪中P 含量 (μg/g) と Ca:P 比の経年変化

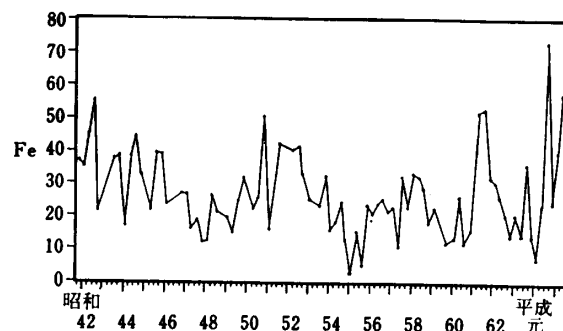


図 5. 毛髪中 Fe 含量の経年変化 (μg/g)

Na, K の減少はこの時期になって毎朝洗髪を行うようになり、この影響を受けていることも考えられる。しかし、洗髪の影響が顕著でないとされている¹⁵⁾Mg も低下しているので、図 2 に示す変動は汗および洗髪による変動のみでなく、健康状態との関連を示唆するものと考えられる。実際に平成 3 年になって自覚的に疲労を感じるようになっている。

今井 (準)¹⁶⁾は、岐阜県の男子の Ca 量はおもに 100~700 μg/g と示している。被検者では 300~500 μg/g に分布し、やや高めであった。今井 (準)¹⁶⁾は 10~29 歳に高いピークをもち、加齢とともに減少するとしている。被検者では、測定値 10 についての移動平均を求めたところ、図 9 のように 55 歳以降の減少傾向が認められた。

Ca:Mg 比 (重量比) について、今井 (良)²⁰⁾, Kama-kura¹⁰⁾は 8:1 としているが、被検者では、図 3 に示す

25年間にわたる毛髪中微量元素含量変化の一例

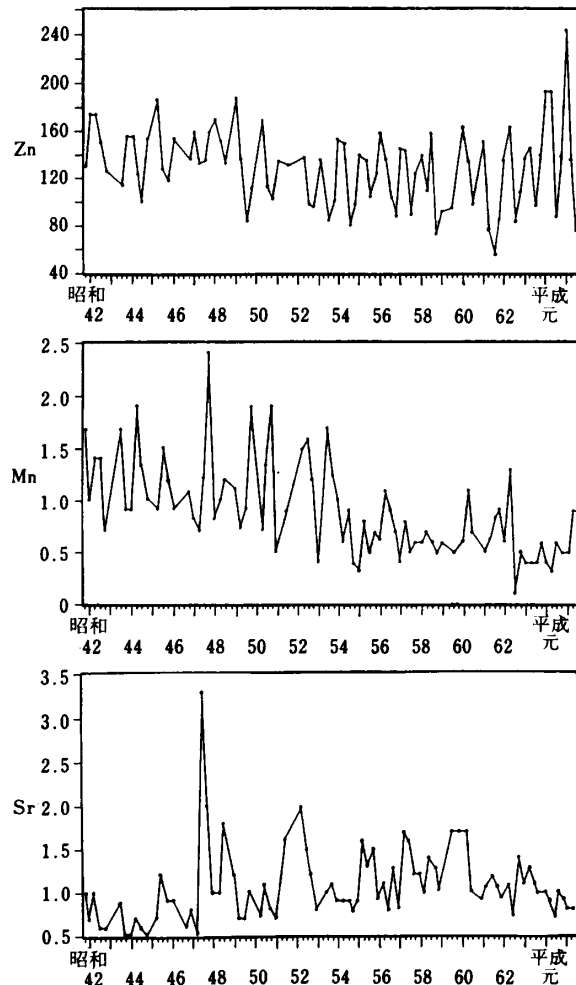


図 6. 毛髪中 Zn, Mn および Sr 含量の経年変化 (μg/g)

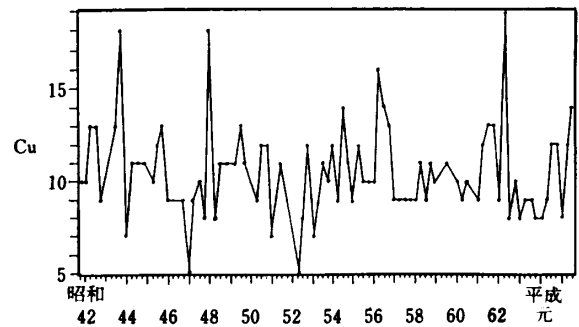


図 7. 毛髪中 Cu 含量の経年変化 (μg/g)

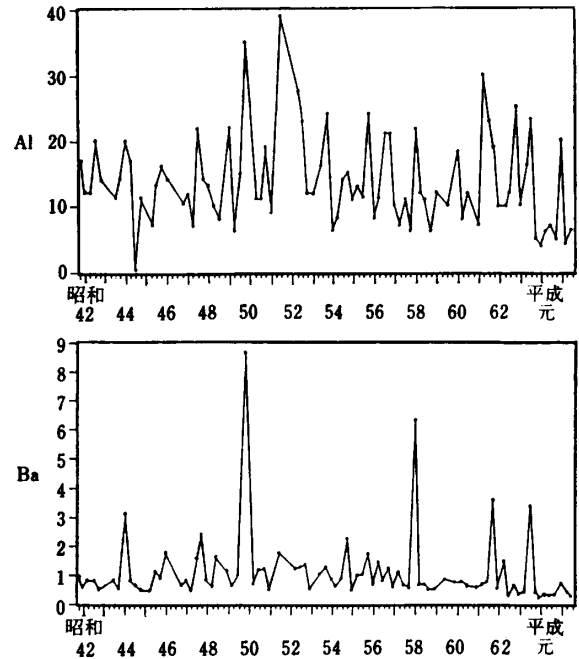


図 8. 毛髪中 Al および Ba 含量の経年変化 (μg/g)

表 4. 元素間の相関行列

	Fe	Mn	Zn	Ba	Sr	Cu	Al	Ca	Mg	Na	P	K
Fe	1.000											
Mn	0.336**	1.000										
Zn	-0.226	-0.039	1.000									
Ba	0.033	0.277	-0.102	1.000								
Sr	-0.189	0.142	-0.064	0.148	1.000							
Cu	0.253*	0.225*	-0.204	0.011	-0.125	1.000						
Al	0.234*	0.264	-0.179	0.518**	0.287**	0.018	1.000					
Ca	-0.465	0.079	0.442**	0.051	0.600**	-0.222	0.131	1.000				
Mg	0.102	0.360**	0.090	0.062	0.012	0.016	0.129	0.157	1.000			
Na	0.020	0.393**	0.066	0.111	-0.015	-0.014	0.104	0.120	0.927**	1.000		
P	0.276*	-0.166	0.252*	-0.132	-0.073	0.043	-0.238	-0.283	-0.531	-0.520	1.000	
K	0.265*	0.501**	0.052	0.273*	-0.069	-0.001	0.218*	-0.069	0.494**	0.567**	-0.065	1.000

n=82, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

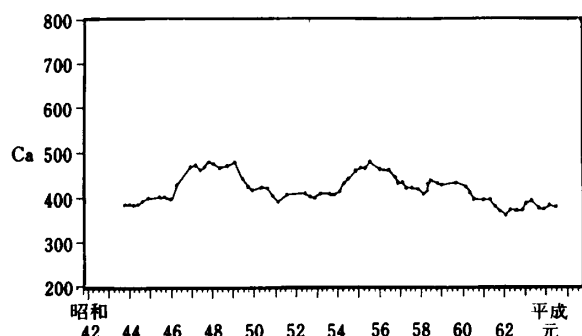


図 9. 毛髪中 Ca 含量の移動平均 (測定値 10) (µg/g)

ように 1:1 と 25:1 という相違する 2 群の存在が示された。Mg 量が高い期間とともに低い期間が存在したことは健康指標として注目すべきことである。

Ca:P 比について今井(良)²⁰⁾は 3:1 程度を正常値としている。被検者では図 4 に示すように 2.5 程度であったものが、昭和 63 年以降 P 濃度が高くなったため、1 以下に低下した。一般的に、腎機能障害者には血中 P 濃度の高濃度化と血中 Ca 濃度の低下が認められる。この時期には強いタンパク漏出が認められている。

今井(良)²⁰⁾は毛髪中 Fe の減少は血液中のヘモグロビンの減少に先だって認められることを報告しているが、被検者では図 5 に示すように、昭和 48 年、昭和 54 年および平成元年の尿タンパク漏出期に先だって、毛髪中 Fe 濃度の減少が認められる。今後これが前駆の現象としての意義が認められるか否かを検討したい。

川内¹²⁾は 40 歳代の男性と 60 歳代の男性の平均値を比べ、Zn は加齢で減少するとし、今井(準)¹⁶⁾は岐阜県下の男子につき、Zn が 12 歳を变曲点として減少に向かうことを Petering²¹⁾の結果と同様に示し、また 60 歳代で再び高濃度化するとしている。図 6 に示す被検者についても加齢による Zn の減少傾向ののち、60 歳で増大傾向を示した。

Mn は、加齢で増大するという川内¹²⁾と、減少するという今井(準)¹⁶⁾の報告があるが、被検者では減少した。Sr は若干増加傾向にあり、川内¹²⁾の結果とは逆の傾向を示した。図 7 に示すように、Cu は 9~14 µg/g の範囲にあることが多かった。

今井(良)²⁰⁾は、Al は 20~40 µg/g を多い範囲としているが、図 8 に示すように被検者では Al が突出的な高い値を示すことがある。この Al の変動要因は明瞭でなく、季節的特徴も示していない。Al はアルツハイマー病の原因物質として注目する研究者もあり²²⁾²³⁾、高濃度を示す原因を明らかにすることは今後の重要な課題とな

表 5. 毛髪中元素含量の季節変動

Zn (μg/g)					
春	夏	秋	冬		
174	174	150	130		
155	126	113	127		
154	186	100	155		
159	132	128	153		
170	153	134	118		
188	135	132	134		
136	169	82	159		
135	138	112	111		
153	149	131	104		
140	135	98	95		
159	135	82	101		
145	144	80	98		
140	109	105	122		
90	135	104	87		
163	78	89	122		
152	164	159	72		
135	145	95	84		
137	194	99	107		
194	136	56	140		
244		82	139		
		97			
		87			
		76			
n_i	20	19	23	20	$n=82$
s_i	3, 123	2, 737	2, 391	2, 358	$s=10, 609$
\bar{x}_i	156. 2	144. 1	104. 0	117. 9	$\bar{x}=129. 4$

分散分析表

変動要因	変 動	自由度	不偏分散	F_0
T_A	35,925.1	3	11,975.0	
T_{eA}	55,872.2	78	716.3	16.7**
T	91,797.3	81		

** $p < 0.01$

ろう。

Ba は、0.5~1.5 µg/g の範囲にあり、時に突出的に高い値を示す。Ba の分析値はみられず比較しにくい。被検者では尿タンパク漏出期を含むので、今後の検討に待ちたい。

三笠¹³⁾は季節変動の認められる元素として、K, Cu, Mn, Mg, P を報告しているので、被検者についても全期間を対象とした各元素の季節平均値の差の検定を分散分

25 年間にわたる毛髪中微量元素含量変化の一例

析によって行った。その結果、季節変動に有意差の認められたのは、表 5 に示すように、Zn のみであった。Zn については三笠¹³⁾は検討していないが、被検者では春、夏に高く、秋、冬に低かった。この意義については今後の検討に待ちたい。

5. 結 論

同一被検者の 25 年間の毛髪中微量元素含量の変化につき、その臨床検査結果との関連について考察した。

被検者の健康状態の変動、とくに尿タンパク陽性と同時期における Na, P, Mg および Fe の変動が認められた。同一被検者の長期にわたる健康状態との関連について検討したものはないので、今後毛髪中微量元素含量の意義について解析するのに重要な示唆を与えたものと考えらる。

本実験を実施するにあたり、実験に協力された岐阜県公衆衛生検査センター環境保全課主任山田雅英氏にお礼申しあげる。また統計処理につきご助言を賜った岐阜市立女子短期大学中島順一助教授に感謝する。

なお本研究の概要は平成 2 年度日本家政学会中部支部第 36 回総会において発表した。

引 用 文 献

- 1) 三谷一憲, 星野道雄, 児玉京子, 土屋博信, 田中利一, 山中克巳, 小瀬洋喜: 日公衛誌, **25**, 449 (1978)
- 2) 喜田村正次, 上田京二, 新納実子, 民岡威令, 三隅彦二, 柿田俊之: 熊本医誌, **34**, 593 (1960)
- 3) 椿 忠雄: 内科, **21**, 871 (1968)
- 4) 星野乙松, 丹沢圭子, 長谷川嘉成, 浮田忠之進: 衛生化学, **12**, 90 (1966)
- 5) 地方衛生研究所全国協議会環境保健部会: 環境汚染健康影響指標の正常値に関する研究報告(総括篇) (1976)
- 6) 桜井四郎: 岩手医誌, **32**, 869 (1980)
- 7) Takeuchi, T., Hayashi, T., Takada, J., Aoki, Y., Koyama, M., Kozuka, H., Tsuji, H., Kusaka, Y., Ohmori, S., Shinogi, M., Aoki, A., Katayama, K. and Tomiyama, T.: *Annu. Rep. Res. Reactor Inst. Kyoto Univ.*, **13**, 217 (1980)
- 8) Takeuchi, T., Hayashi, T., Takada, J., Aoki, Y., Koyama, M., Kozuka, H., Tsuji, H., Kusaka, Y., Ohmori, S., Shinogi, M., Aoki, A., Katayama, K., Tomiyama, T.: *J. Radioanal. Chem.*, **70**, 29 (1982)
- 9) Takeuchi, T., Nakano, Y., Aoki, A., Ohmori, S. and Tsukatani, T.: *Annu. Rep. Res. Reactor Inst. Kyoto Univ.*, **19**, 89 (1986)
- 10) Kamakura, M.: *Keio J. Med.*, **32**, 9 (1983)
- 11) Kamakura, M.: *Jpn. J. Hyg.*, **38**, 823 (1983)
- 12) 川内ツルキ, 三笠洋明, 田主礼三, 大守明久, 筒井京子, 鈴木泰夫, 西山敬太郎: 日本衛生学雑誌, **43**, 335 (1988)
- 13) 三笠洋明, 田主礼三, 大守明久, 筒井京子, 川内ツルキ, 鈴木泰夫, 西山敬太郎: 日本衛生学雑誌, **43**, 336 (1988)
- 14) 孤塚 寛, 磯野秀夫, 角田紀子, 丹羽瀬鑒: 衛生化学, **18**, 1 (1972)
- 15) 丸茂義輝: 衛生化学, **29**, 192 (1983)
- 16) 今井準三, 森本隆司, 杉谷 哲, 山田不二造: 岐阜衛研報, **21**, 17 (1976)
- 17) Winge, P.K., Fassel, V.A., Peterson, V.J. and Floyd, M.A. (ed.): *Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectroscopy, An Atlas of Spectral Information, Physical Sciences Data 20*, Elsevier, Amsterdam, Oxford, New York and Tokyo, 316 (1985)
- 18) 土屋博信, 山中克巳, 島 正吾: 日本衛生学雑誌, **40**, 342 (1985)
- 19) 大森佐与子, 三浦武夫, 日下 譲, 辻 治雄, 佐川直史, 古谷史郎, 正利裕三: *Radioisotopes*, **24**, 396 (1975)
- 20) 今井良次: 毛髪分析でズバリ健康度がわかる本, 中経出版, 東京, 11 (1982)
- 21) Petering, H.G., Yeager, W.D. and Withrup, O.S.: *Health*, **23**, 202 (1971)
- 22) Ksiezak-Reding, H.: *J. Biol. Chem.*, **263**, 7913 (1988)
- 23) Martyn, C.N.: *Lancet*, **14**, 59 (1989)