

頭髮中のセレン濃度について
— 日本人と外国人との比較 —

太田庸起子・松本 理・中野篤浩

(国立公害研究所*)

Comparison of Selenium Content in Human Hair from Different
Individuals, by Activation Analysis

Yukiko OHTA, Michi MATSUMOTO and Atsuhiro NAKANO

National Institute for Environmental Studies

Our result from the determination of the selenium concentration in the hair of individuals from different countries shows significant differences between different countries. Since this is likely due to differences in diet, such as fish. It suggests that the selenium determination from hair may be useful in further general studies of selenium effects.

Samples of hair from 370 subjects were analysed by neutron activation. The samples were taken from residents of nine different countries: Japan, France, Ivory Coast, Brasil, Paraguay, Canary Islands, Papua New Guinea, Italy and New Zealand. The irradiations were carried out under a thermal neutron flux of $1.5 \times 10^{12} \text{ n/cm}^2 \cdot \text{sec}$. The selenium determination was made using the $^{76}\text{Se}(\text{n}, \gamma)^{77\text{m}}\text{Se}$ reaction.

It was found that the average selenium concentration in the hair of Japanese subjects, both those living in Japan and those living in foreign countries was higher (Total average: $0.59 \pm 0.14 \text{ ppm}$) than that of subjects from other countries (Total average: $0.42 \pm 0.13 \text{ ppm}$). However, the Se value of residents in Papua new Guinea who were working at a Japanese fishery company was similar to that of Japanese ($0.59 \pm 0.10 \text{ ppm}$).

* 所在地：茨城県筑波郡谷田部町小野川16-2 (〒305)

環境中微量元素の長期暴露形態は主として、我々の日常生活における食物、飲水、大気環境等により体内摂取されると考えられる。その摂取量の程度にしたがって、蓄積と排泄のバランスから、地域住人の生体内微量元素量にある程度の特異性がみられるものと思われる。その評価手法として、頭髮を用いて、微量元素の中でも必須元素であり、かつ、過剰あるいは不足により中毒症状を起こし、必要量の巾が小さいといわれているセレン (Se) についての検討を行うことにした。また、Se は生体内において、水銀 (Hg) 拮抗作用^{1~2)}があるといわれていることから、一部の試料については Hg との相互比較を行うこととした。

頭髮を指標とした体内微量元素の動態に関する研究背景

頭髮には重金属等の微量 (痕跡) 元素が血液や尿の中よりも高い濃度で含有される場合もあり、これが身体の健康状態や汚染状況の連続的な記録ともなるので環境汚染のモニターとしてのみならず、病気の診断の資料としても可能といえる。頭髮中元素分析に関しては非常に多くの研究報告があり、その一部をあげれば、分析技術の開発および応用を目的として頭髮を利用した研究、含有重金属濃度と生活環境との関連、及び健康の指標としてとりあげた研究等の報告がある^{3~17)}。わが国ではとくに、頭髮中水銀に関する報告が多く、明らかに水銀暴露のあったものについて^{18~26)}及び一般人の頭髮中水銀に関するもの^{27~34)}等がみられる。頭髮中鉛については生活環境の異なる住民について求めた報告³⁵⁾がある。また、栄養の指標として頭髮を用いた報告もあり³⁶⁾、頭髮が排泄の意味をもつという^{5), 37), 38)}ことから重金属等の体内摂取の有無の指標になりうると考えられている。さらに、病気の診断や治療にも役立つ情報が得られるとのことである。

頭髮中元素濃度から体内蓄積量の推定または排泄量の推定をする場合、血液や尿を指標とした場合と同様には考えにくい。この観点からの報告もあり、水銀についてはよく検討されている^{39~41)}。目的元素の決定臓器における反応機構にもとずく排泄および蓄積の程度の差について頭髮を指標とした場合いまだ議論の余地はある。それは頭髮の生理的特性にもとづくことと、頭髮が身体外部にあるため外部の微量物質が頭髮に附着しやすく、洗浄によっても完全に除去できぬ場合もあり得る^{42~46)}。かくして、微量元素の体内への摂取及び体外への排泄の指標として頭髮を使用する場合はその評価に慎重を要するが、ある元素は人体痕跡元素の範囲をこえて頭髮に移行されやすいので、健康指標、環境指標として使用するのは有効といえる。一方、犯罪科学の分野においては昭和 24 年の刑事訴訟法改正後、警察の捜査活動に本格的に毛髪を役立てているが、これは、毛髪定性及び定量値に固体差がみられるためである。かくして頭髮中微量元素濃度は、個体の健康を左右する要素である食物、水等により大きく影響し、さらに

空気を含めて、その環境中に存在する微量元素と関連があるものと考えている。

実 験 方 法

1. 頭髪収集

任意の国の20代ないし30代の住人を対象として、年齢、性、居住地、居住年数、食事嗜好（肉又は魚）、国籍、採髪をした部位、頭髪染色及びパーマの有無等の個人歴に関するアンケートを伴って収集した。その結果、日本（東京郊外、茨城県）、フランス（パリ、フランス人及び在仏日本人）、アフリカ象牙海岸国（バンダマ川流域の集落及びアビジャン大学学生とその家族）、パラグアイ（アスンシオン近郊の日本移住者）、パプアニューギニア（ポートモレスビーの日本の漁業会社に雇われている船員等）、カナリア群島（ラス・パルマス居住者）、イタリー（ボローニア居住者）、ブラジル（リオデジャネイロ居住者）、ニュージーランド（オークランド居住者）等より収集した頭髪について分析を行った。

2. 分析方法

各人よりの収集した頭髪量が非常に少なかった例もあり、又、最終目標としては多元素分析を行うこと等より、頭髪を損失なく実験に供するために非破壊による中性子放射化分析を適用し

た。その核データを表1に示す。熱中性子束密度 1.5×10^{12} n/cm²・Sec の気送管（武蔵工大原子炉）にて10秒間照射を行い、照射終了後、直ちに Ge(Li) 半導体検出器にて測定をし、コンピュータによる γ 線スペクトル解析を行って、Se 濃度を求めた⁴⁷⁾。

Table 1. Nuclear data of ⁷⁶Se(n, γ) ^{77m}Se

⁷⁶ Se Natural abundance: 9.02%
Half-life: 17.5 Sec
Energy: 161.9 Kev (50%)
Cross section: 22 barn

結 果 及 び 検 討

頭髪を収集した地区群別に平均値、中央値を算出し、試料数および平均年齢と共に、値を表2に示した。±2.2 σ 標準偏差を用いたが、表2からわかるように、頭髪中のSeは微量であるにもかかわらず、日本人の値は他国人の値より明らかに高く、差がみとめられた。日本人の中でも収集地区別に比較するとやはり差があった。こゝで、象牙海岸国在住日本人の平均年齢が42才と高いのは、日本企業からの出張者であったことによる。そのためにSe濃度が日本国内の人と同程度であったと考える。また、パプアニューギニアの値についても日本人と同程度であった。この理由としては、収集した頭髪がポートモレスビーの日本の漁業関係の会社に雇われている船員及びその事務所に勤務している人達であったこと、そして、これらの人達の食

Table 2. Se value in hair from persons lived in different countries

Subjects	Se concentration ($\mu\text{g/g}$) ($M \pm SD$)	Total sample number (Average age)	Median (Mdn)
Japanese (in Ivory Coast) (in France)	0.62 ± 0.08	22 (28)	0.63
	0.58 ± 0.17	55 (49)	0.61
	0.60 ± 0.13	13 (22)	0.59
	0.63 ± 0.15	12 (42)	0.64
	0.54 ± 0.18	14 (23)	0.57
France (Group-1) (Group-2)	0.37 ± 0.09	8 (29)	0.35
	0.40 ± 0.12	33 (36)	0.41
Ivory Coast (A) (B)	0.47 ± 0.13	23 (22)	0.50
	0.35 ± 0.10	25 (23)	0.34
Brazil (Group-1) (Group-2)	0.45 ± 0.17	8 (29)	0.41
	0.47 ± 0.18	23 (26)	0.46
Paraguay (Immigrants)	0.39 ± 0.11	35 (25)	0.38
Canary Island	0.45 ± 0.14	16 (25)	0.44
Papua New Guinea	0.59 ± 0.10	30 (24)	0.55
Italy	0.41 ± 0.10	12 (29)	0.40
New Zealand	0.43 ± 0.18	10 (32)	0.39

事の内容が一般的に云えば、魚、鶏肉、サバの缶づめ等が蛋白源であり、果物はパイナップル、バナナ、ビートルナッツ等であるとのことから、魚の摂取という点で日本人の食習慣と共通したところがあるからと考える。

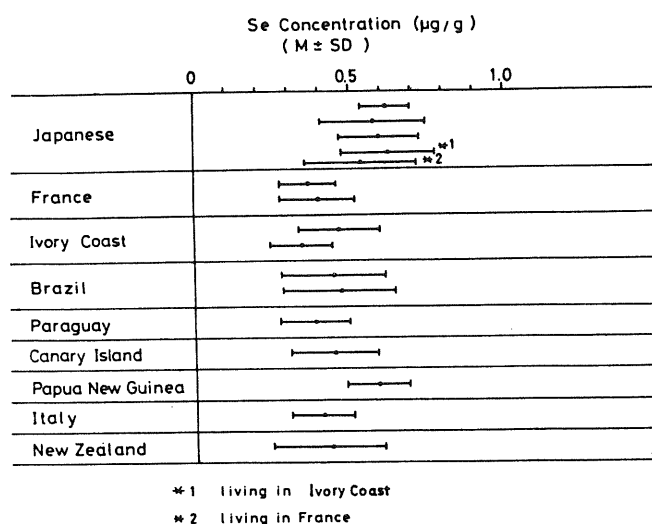


Fig. 1. Se value in hair from persons lived in different countries

図1は、表2の数値を図で示し、比較しやすくしたものである。パラグアイの日本人移住者の値は、35試料中34が女であったが、平均値は外国人と同じ傾向を示した。これは、長年の間に現地の人と類似の食生活になり、かつ、当地は日本のように海の魚が豊富でないためとも考えることが出来る。

頭髮を指標として使用する場合、外部附着の検討を十分に考慮すべきである。Seはふけとりローションに含有されていることから、市販品のふけとり液、シャンプー、リンス等10種類についてSe含有量を測定した。その結果、0.43ないし0.66 ppmであった。さらに、それら溶液中にSe濃度既知の頭髮を43時間浸漬した後、頭髮中Seを分析したが、外部附着と考えられるSe濃度の差はみとめられなかった。ふけとり液を長期連続使用したと仮定しても、常に同一部位に多量に付けるとは考えられない。職業による特殊な暴露の例を除けば、採髪部位に気をつけることにより頭髮の使用は可能である。本実験においても、370例中31例が検定により棄却された。その中には279 ppm, 30 ppm, 20 ppm等と異常の試料がみられた。

さらに、SeとHgが拮抗作用を示すということから、頭髮中Hg濃度との関連も検討した。

表3に、日本人とフランス人についての結果を示す。例数は少いが、Hg, Se共に日本人の方が高い値であった。既に頭髮中Hg濃度の日本人と外国人の比較は報文^{33), 48)}にも示されているが、日本人の魚摂取という食習慣に起因していると考ええる。海の魚にはHgが微量ではあるが含有されており、日本人が魚を多く食べる為に総体量としても多くなるのであろう。

Table 3. Comparison with Se and Hg value in hair from Japanese and French

Concentration		Japanese			French		
		M ± SD (ppm)	Number	Average age	M ± SD (ppm)	Number	Average age
Se	Total	0.60 ± 0.13	13	22	0.37 ± 0.09	8	29
	Male	0.58 ± 0.16	7	12	0.41 ± 0.07	4	41
	Female	0.62 ± 0.06	6	35	0.33 ± 0.10	4	18
Hg	Total	3.46 ± 1.43	14	21	1.40 ± 0.63	9	28
	Male	4.00 ± 1.74	7	12	1.66 ± 0.54	4	41
	Female	2.92 ± 0.85	7	31	1.19 ± 0.58	5	18

Seの分析に関して、本実験では放射化分析を適用したが、従来、使用されている蛍光法との比較も実験により行った。その結果、30才代の男女、各々23名については、男：0.67 ± 0.34 ppm, 女：0.64 ± 0.26 ppmであり、両分析法による値が一致していることを確認した。

お わ り に

健康状態, 生活環境状態, 汚染物質による暴露状態を知る一手法として, 頭髮中微量元素濃度を求めることが有用であり, その一例として, Seについて述べた。頭髮中 Se濃度は微量であるにもかかわらず, 日本人と外国人に差がみとめられた。これは, 魚摂取に起因する食生活の差であろうと考えている。

文 献

1. HILL, J. C. H. (1974) J. Nutr., **104**:593
2. GANTHER, H. E., C. GOUDIE, M. L. SUNDE, M. J. KOPECKY, P. WAGNER, S. -H. OH and W. G. HOEKSTRA (1972) Science **175**:1122
3. JERVIS, R. E. et al. (1962) Paper ICAA/20, In *Proceeding of International Conference on Modern Trends in Activation Analysis* 107-113, Texas A. & M. College Press
4. JERVIS, R. E. (1956) Proceedings of Forensic Society of Canada, Oct.
5. 佐藤 彰 (1961) 日本公衛誌 **8**: 487
6. BATE, L. C. et al. (1965) Nucleonics **23**:74
7. ALDER, J. F. et al. (1977) Analytica Chimica Acta **94**:187
8. CHATTOPADHYAY, A. and E. R. JERVIS (1974) Trace substance in Environmental Health-VIII **31**
9. EADS, A. E. and E. C. LAMBDIN (1973) Environmental Research **6**:247
10. HENLEY, E. C. et al. (1977) Science **197**:277
11. ALDER, J. F. et al. (1976) Analytica Chimica Acta **87**:313
12. ANTONOVA, V. A., N. S. SHVYDKO (1971) Gig. Sanit. No. 5, 109
13. PETERSON, D. F. et al. (1961) Health Physics **6**:1
14. 寺岡久之, 小林 純 (1977) 日本衛生学雑誌 **32**: 574
15. 孤塚 寛 他 (1972) 衛生化学 **18**: 1
16. 太田庸起子 (1967) 日本原子力学会誌 **9**: 192
17. 武内孝之 (1978) Isotope news No. 286:6
18. 喜田村, 上田, 新納, 氏岡, 三隅, 柿田 (1960) 熊本医誌 **34** (補冊): 593
19. 戸木田, 舩松, 登坂, 長田, 村木 (1963) 日本衛生学雑誌 **18**: 165
20. 椿 忠雄 (1967) 新潟医学会雑誌 **81**: 633
21. 小坂, 滝沢 (1966) 新潟医学雑誌 **80**: 519
22. 喜田村正次 他 (1966) 医学と生物学 **72**: 274
23. 厚生省分担研究班編 (1967) 新潟水銀中毒事件特別研究報告書 **414**

24. 山口誠哉 他(1966) 労働の科学 21: 33
25. 太田庸起子(1966) 産業医学 8: 12
26. 矢嶋澄策(1968) 安全工学 7: 14
27. 浮田忠之進(1964) 診断と治療 2: 120
28. 浮田忠之進(1966) 科学 5月: 254
29. 浮田, 星野, 丹沢(1966) 衛生化学 12: 90
30. 日本医学会(1968) 第8回日本医学会シンポジウム 9月20日
31. 鈴木, 太田(1969) 日本公衛誌 16: 769
32. 安部和則 他(1977) 日本公衛誌 24: 347
33. OHTA, Y. (1978) *Analusis* 6:145
34. OHTSUKA, R. and T. SUZUKI (1978) *Ecology of Food and Nutrition* 6:243
35. CHATTOPADHYAY, A et al. (1977) *Arch. Environmental Health* 32:226
36. FRIEDMAN, M. (1978) *Nutritional improvement of food and feed protein*, Plenum Press, 131
37. FLESCH, P. (1954) *Physiol. and Biochem. of the skin*, Cap. 26X, 641
38. RODIER, H. (1955) *Brit. J. Ind. Med.* 12:21
39. FANG, S. C. (1971) *Mercury, Mercurials and Mercaptans*, p.277, Charles C. Thomas Publisher, U.S.A.
40. SUZUKI, T. and T. MIYAMA (1975) *Tohoku J. Exp. Med.* 116:379
41. 宍戸, 鈴木(1977) 医学のあゆみ 100: 756
42. 竹森幸一(1977) 日本衛生学雑誌 32: 442
43. 太田庸起子(1969) 産業医学 11: 585
44. 有馬省一 他(1973) 理工学における同位元素研究発表会 東京 4月
45. BATE, L. C. (1965) *J. Forensic Science* 10:60
46. BATE, L. C. (1966) *Int. J. Appl. Radiat. Isotopes* 17:417
47. 平井昭司, 鈴木章悟, 岡本真実(1978) 分析化学 27: 435
48. YAMAGUCHI, S., M. FUJIKI, N. SHIMOJO, S. KAKU, Y. HIROTA, Y. MORI and K. SANO (1977) *J. Occupational Medicine* 19:502