

## 微量ヒゲ試料に対する無標準法の開発 —有害元素人体暴露評価の目的で—

世良耕一郎，寺崎一典

岩手医科大学サイクロトンセンター

〒020-0173 岩手県岩手郡滝沢村滝沢留が森 348-58

伊藤じゅん，齋藤義弘

日本アイソトープ協会仁科記念サイクロトンセンター

〒020-0173 岩手県岩手郡滝沢村滝沢留が森 348-58

二ツ川章二

日本アイソトープ協会アイソトープ部

〒113-8941 東京都文京区本駒込 2-28-45

### 1. はじめに

毛髪，血清，爪，尿などの人体から採取される生物試料分析は，有害元素による人体曝露評価のために不可欠なものである。我々は生物試料に対する「無標準法<sup>1)</sup>」の応用として，手を加えない毛髪<sup>2)</sup>，血液<sup>3)</sup>，尿<sup>4)</sup>，爪<sup>5)</sup>などに対する無調製・無標準法を開発し，それらは多くの国際的調査研究に役立てられてきた<sup>6-8)</sup>。さらに一昨年，一滴の汗，涙，唾液，鼻汁に対する無調製法が開発され，それらも人体曝露評価に有益であることが示された<sup>9,10)</sup>。これらの方法は，従来 PIXE 分析において定量のために用いられてきた「硝酸灰化法と組み合わせた内部標準法」と比べ，多くの長所を持っている。それらは；1) 試料調製の手順が著しく簡素化され熟練性を要しないため，誰にでも調製ができる，2) 硝酸灰化や均一化の過程において生じる試料のコンタミ，特定元素の揮発，内部標準の不均一製などの不確定要素が完全に排除される，3) 1mg 以下の超微量試料の定量分析が可能となる，等である。

しかしこれらの試料分析により得られる情報は長期的なものであり，どのような食物・飲料の摂取に対応して特定元素濃度が変化したのかの因果関係を調べるのには適していない。唯一尿試料中元素濃度が経日変化を反映することが期待されるが，二つの理由から問題があった。一つは尿中元素濃度の絶対値が採取条件によって大きく影響されることであり，採取時間，水分摂取の量，水分摂取から採取までの時間間隔などにより変動するため，詳細な体内濃度変動を直接見ることが難しい。二つ目は，尿中には Na, Cl, K, Br などの元素が突出し，そのため他元素に対する感度が非常に悪いことであり，実際ヒ素以外の有害元素が尿中から検出されることは稀である<sup>4)</sup>。そのため我々は，多くの男性が日々試料採取を行うヒゲ試料に注目し，ヒゲ中元素濃度変化を調べることにより体内元素濃度変化の評価が可能かどうか検討することにした。

しかし無標準法を開発する前に、二つの解決すべき問題がある。最初の課題は最適な洗浄法の検討であり、皮膚の老廃物やヒゲ表面の汚れなどが取り除かれ、かつヒゲ中の元素が漏出しない方法の確立が前提となる。ヒゲと同様タンパクで構成される爪試料に対して我々が以前に行った研究によると、蒸留水中の洗浄により、塩素、カリウム、臭素などの元素が試料中から漏出するため、アセトン中での超音波洗浄が最適であることが分かった<sup>5)</sup>。二番目の問題は、多量の粉末状ヒゲ試料を均一にする手法の確立である。無標準法の確立のためには、硝酸灰化法<sup>11)</sup>や粉末内部標準法<sup>12)</sup>など他の定量法との比較が必要であり、均一性が保証された多量のヒゲ試料が必要となる。また精度・再現性の確認のため、多数のターゲットを製作する必要がある。さらに上述の洗浄法の確立のためにも多量の均一な試料が必要となる。

本研究においては、まず多量粉末状ヒゲ試料の均一化法が開発され、その均一性が確認される。次にその均一試料を用いて最適な洗浄法が検討される。また粉末ヒゲ試料に対し、粉末化した毛髪試料に対して試みられた<sup>13)</sup>「粉末内部標準法」を適用し、その精度・再現性が確認され、最後にそれとの比較を行いながら無標準法を確立する。バックリング膜上の最適な試料のマウント量、膜上への固定方法などに関しても、検討を行う。

## 2. 実験方法

### 2.1 試料採取及び調製

ヒゲ試料は、通常の電気カミソリ(A1)により人物Aより数週間かけて採取され、300mgほど集められ、これを用いて均一試料作成法が検討された。さらに三人の人物(A, B, C)よりそれぞれ電気カミソリ(A1), (B), (C)を用いてヒゲ試料が採取された。人物Aからは、他の電気カミソリ(A2)を用いた採取も行われた。

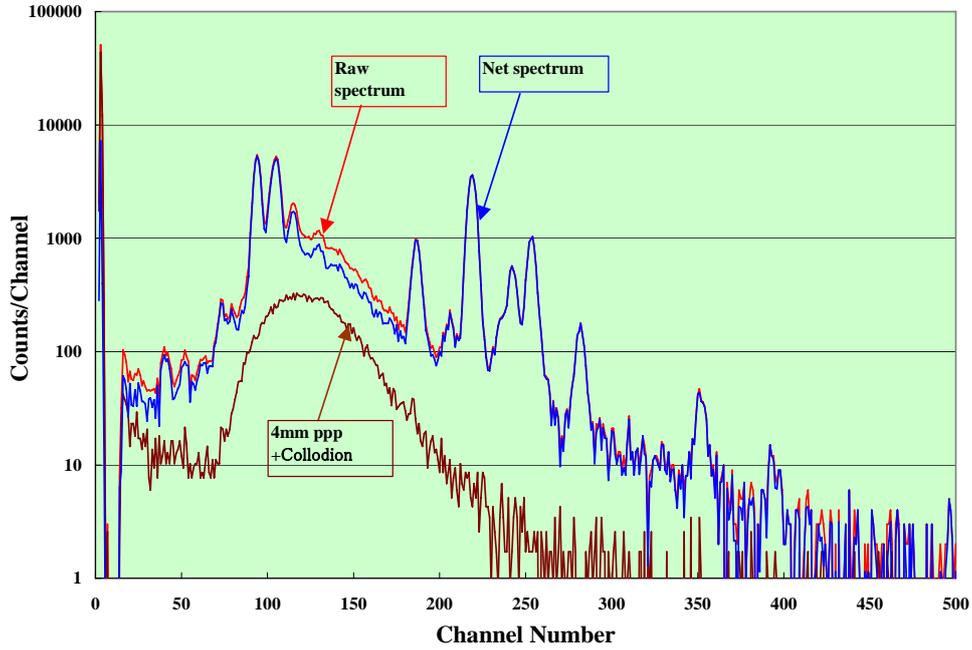
最適な洗浄法の確立のために、均一化されたヒゲ試料から二掴みの試料が取り出され、それぞれ蒸留水中、アセトン中で振動式攪拌機(Vortex ミキサー)により30秒攪拌洗浄された。殆どの試料が沈殿した後直ちに上澄み液を捨てる操作が、3回繰り返された。さらにそれぞれ蒸留水、アセトン中で10分間の超音波洗浄も行われ、その効果が試された。約0.3mgの微少なヒゲ試料は4 $\mu$ m厚のポリプロピレンバックリングフィルム上にマウントされ、エタノールで1%に希釈されたコロジオン溶液(WAKO Collodion 031-16425)により固定された。

無調製法開発のために必要な内部標準法との比較に関しては、「粉末内部標準法」の手法<sup>12)</sup>に従い1試料に対して4枚のターゲットが作成された。内部標準としてはパラジウムカーボン粉末(Pd-5%)が用いられ、試料に対してPdがおおよそ10000ppmに調製され、1mg程度の粉末試料が無標準法の試料と同様な方法でバックリング膜上に固定された。人物Aから電気カミソリ(A1)にて採取された試料に対しては、両法の再現性・精度を確認する目的で、それぞれ10枚のターゲットが作成された。試料以外から発生する連続X線の寄与を調べる目的で、バックリングフィルムと同量のコロジオン溶液のみのブランクターゲットが3枚用意された。

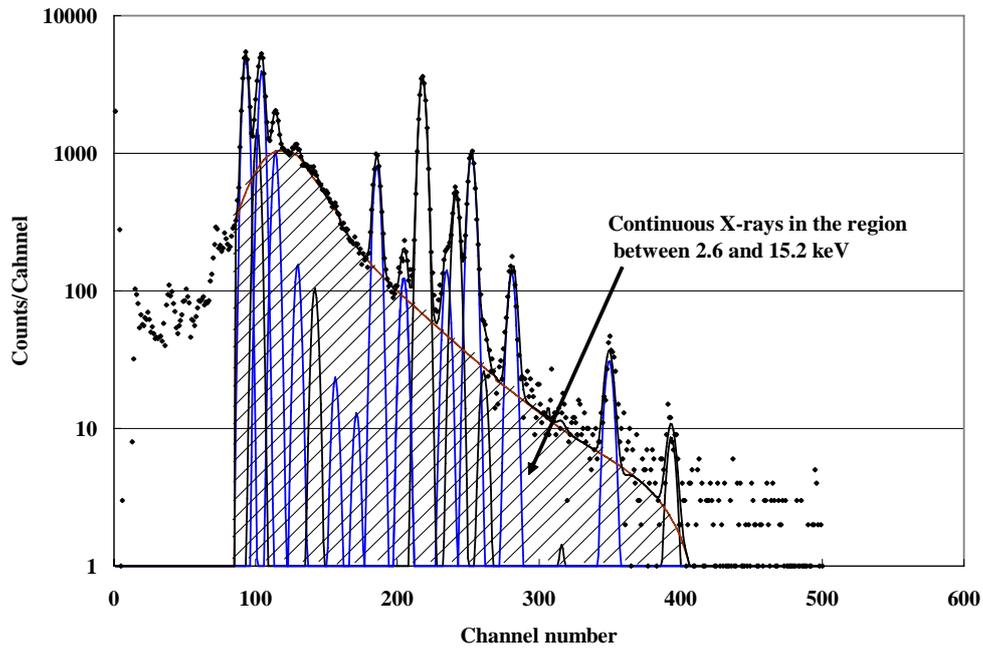
### 2.2 測定と解析

島津製作所小型サイクロトロンより引き出された2.9 MeVの陽子ビームは、グラファイト製コリメータにより6cm $\phi$ に整形され試料を照射する。試料より発生したX線は、2台のSi(Li)検出器により同時に測定される。1台は300 $\mu$ mマイラー吸収体とともに使用され、K-K $\alpha$ 以上のエネルギーのX線を測定する。もう1台は吸収体を用いずグラファイト製コリメータにより計数率が調整され、NaからKまでの軽元素を測定する<sup>14)</sup>。得られた二つのスペクトルは解析プログラムSAPIXにより解析された<sup>15)</sup>。

a)



b)



Figs.1. Procedure of the standard free method. a) The component of the continuous X-rays originating from the backing and the collodion is subtracted using the spectra of the blank targets after normalization. b) The total yield of continuous X-rays in the region between 2.6 and 15.2 keV indicated by shadowed portion obtained by subtracting all the X-ray peaks in the region was used for determining the conversion coefficient.

Fig. 1-a に、ヒゲ試料の典型的なスペクトルと、ブランクターゲットのスペクトル、及びブランクを差し引いた正味のスペクトルを示す。前二者のスペクトルは、互いに入射粒子数で規格化されている。図に示されている通り、少量の鉄以外の不純物は存在しない。通常のヒゲ試料の鉄濃度か

ら評価すると、ブランク中の鉄の差し引きにより生じる鉄濃度に対する誤差は 2%以下である。これらのスペクトル採取時のビーム電流は約 60 nA、測定時間は 3-7 分間であった。

### 3. ヒゲ試料に対する無標準法

無標準法のための変換係数決定までの手順は、過去に他の生物試料に対して行った報告と基本的に同様である<sup>3-5)</sup>。最初の段階としてブランク (4  $\mu\text{m}$  ポリプロピレン+コロジオン) から発生する X 線を、入射粒子数で規格化し差し引くことにより、試料から発生する特性・連続 X 線のみの正味のスペクトルが得られる (Fig. 1-a)。次の段階は、指標元素濃度の導出に用いられる連続 X 線収量の最適領域の決定である。以前の我々の研究により、500  $\mu\text{m}$  マイラー吸収体を用いて測定が行われる尿試料に対して設定した領域 (4.4-6 keV) が、同じく 500  $\mu\text{m}$  マイラー吸収体を用いる汗、涙、唾液、鼻水などの他の体液試料に対しても有効であることが確認されている。これらの試料は主成分の組成が似ているため、連続 X 線の形状がほぼ同一であるためである。同様の考え方に従えば、ヒゲ試料は同じく 300  $\mu\text{m}$  マイラー吸収体を用いられる毛髪試料と主成分組成が類似していることから、毛髪試料に対する領域 (2.6-15.2keV) が有効であることが期待される。まず最初の段階として毛髪と同様の方法で定量値を求め、必要があれば最適な領域の再検討を行う方針を採ることとした。変換係数決定のための連続 X 線収量  $Y_{CX}$  は、正味のスペクトルの上記領域中の全収量から、フィッティングにより求められた同領域中の全ピーク収量を差し引くことにより求められる。その領域を Fig. 1-b に斜線で示す。毛髪試料と同様、主成分である Zn が指標元素として選ばれ、Zn-K $\alpha$  収量と連続 X 線収量  $Y_{CX}$  の比、及び毛髪試料に対する変換係数を用いて求められた Zn 濃度が、粉末内部標準法により求められた Zn 濃度と比較される。詳細な無標準法の手順は、参考文献 1-7 を参照のこと。

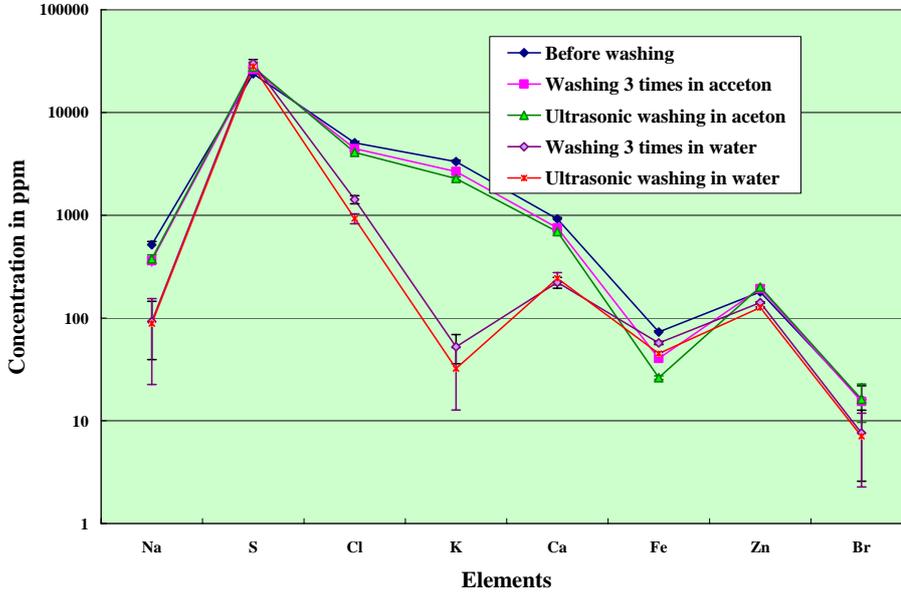
### 4. 結果と議論

最初に、人物 A より電気シェーバー A1 を用い大量に採取された粉末状ヒゲ試料の均一化法が、試行錯誤の結果決定された。試みられた方法は、① そのまま乳鉢内で乳棒による攪拌、② 蒸留水を加え、ペースト状にした上で攪拌、③ 陶器製乳鉢内で液体窒素の激しい沸騰を利用した攪拌、の 3 通りである。前二者においてそれぞれ 10 枚のターゲットが作成され、均一性が確認されたが全く結果がばらばらであり、結局液体窒素内の攪拌において満足すべき均一性が得られることが分かった。その際に注意すべきことは、沸騰が激しすぎると粉末試料が周囲に飛散してしまうため、乳鉢はあらかじめある程度冷やしておく必要があるという点である。

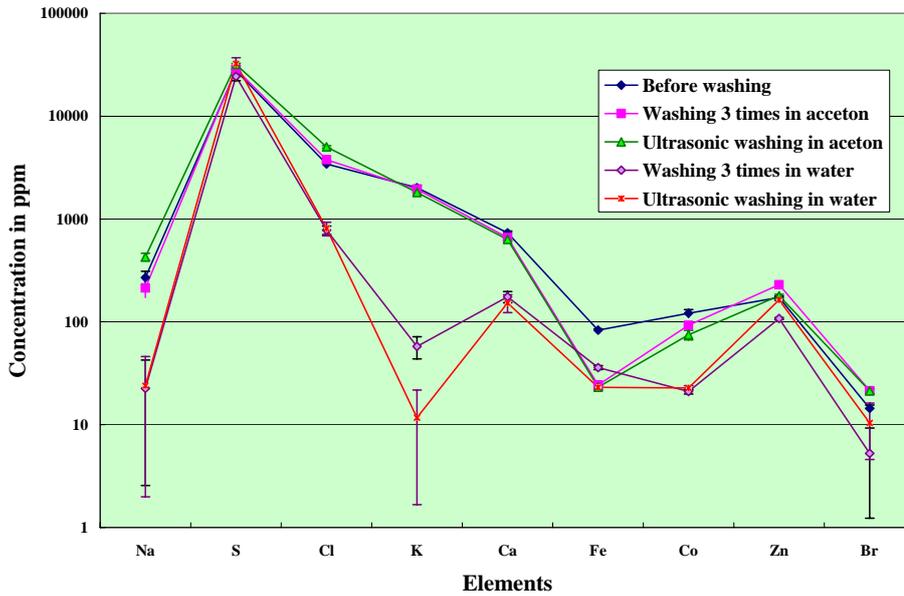
Figs.1 にも見られるように、人物 A から 2 種のシェーバー (A1,A2) にて採取された試料には多量の Ni が含まれていた。この人物から採取された毛髪、爪、そして 5 種の体液 (尿、汗、涙、唾液、鼻汁) から高濃度の Ni が検出されており<sup>10)</sup>、特にヒゲ試料にその特徴が強く現れるものと最初は考えられたが、あまりに多量のためシェーバー由来のコンタミの可能性も検討された。その結果、これらのシェーバーの内刃は Fe と Cr のステンレス、外刃は単体の Ni (A1) 及び Ni と Co の合金 (A2) で作られていることが PIXE 分析により判明した。通常、内刃は外刃と比べて硬く、主に外刃が削られるためこれらの試料中の高濃度の Ni は外刃由来であることが分かった。この人物から他のシェーバー (A3) により採取された試料にも高濃度の Ni が検出され、他の人物 (B, C) から同様に Ni 製の外刃を装着したシェーバーを用いて採取された試料からは検出されなかったことから、外刃由来のコンタミは、シェーバーの種類のほか、ヒゲ自体の硬さなどにも依存することが予想される。しかし外刃中の Ni, Co 以外の不純物としては少量の Fe が存在するのみで、結果

に与える影響は無視可能であることが分かったため、人物 A の試料分析結果から Ni, Co のみを削除し、結果の検討を行うこととした。

a)



b)



Figs.2 a. Comparisons of the effect of washing on elemental concentration in beard sample taken from the person A with the electric shaver (A-1), where effects of additional ultrasonic washings in acetone and distilled water are also examined.  
 b. Same as Fig. 2-a but for the beard sample taken from the person A with the other shaver (A-2) in the different period. Cobalt concentrations are also shown in the figure.

Figs.2 に人物 A からシェーバー (A1) を用いて採取されたヒゲ試料を用い、洗浄法による効果の比較を行った結果を、主要 8 元素に対して示す。図中には、①：洗浄前、②：アセトン中での 30

秒の攪拌と上澄み液を捨てる操作を 3 回行ったもの、③：それに加えてアセトン中で 10 分間の超音波洗浄を行ったもの、④：③と同様の操作を蒸留水中で行ったもの、⑤：さらに蒸留水中で 10 分間の超音波洗浄を行ったもの、の 5 通りの結果が比較されている。皮膚の老廃物や表面に付着しているローションなどの異物や汚れの大部分は、アセトン中での Vortex mixer を用いた洗浄で取り除かれることが期待されることから、蒸留水中での洗浄においては Na, Cl, K, Br が失われていることが分かる。これは以前に爪試料に対して得られた結果とほぼ同じであった<sup>5)</sup>。表面に付着したコンタミがアセトン中での洗浄では取り除かれず、蒸留水中での洗浄で効果的に除染されることは考えにくいから、これらの元素はヒゲ試料の内部、主に断面から漏出したものと予測される。Fig.2-b には人物 A から (A2) のシェーバーを用いて採取されたヒゲ試料に対する結果を示す。ほぼ同様な結果が得られているが、洗浄前と後とで Fe の濃度に変化が見られる。このことからこのシェーバーに関しては内刃の磨耗による影響が出ているが、それによるコンタミは洗浄により取り除かれていることが分かる。アセトン中での 10 分間の超音波洗浄による効果は殆ど見られず、このことからアセトン中での 3 回の Vortex mixer による洗浄により、コンタミの殆どが取り除かれていることが確認できた。そのため今後はこの方法で粉末状ヒゲ試料の洗浄を行うこととした。

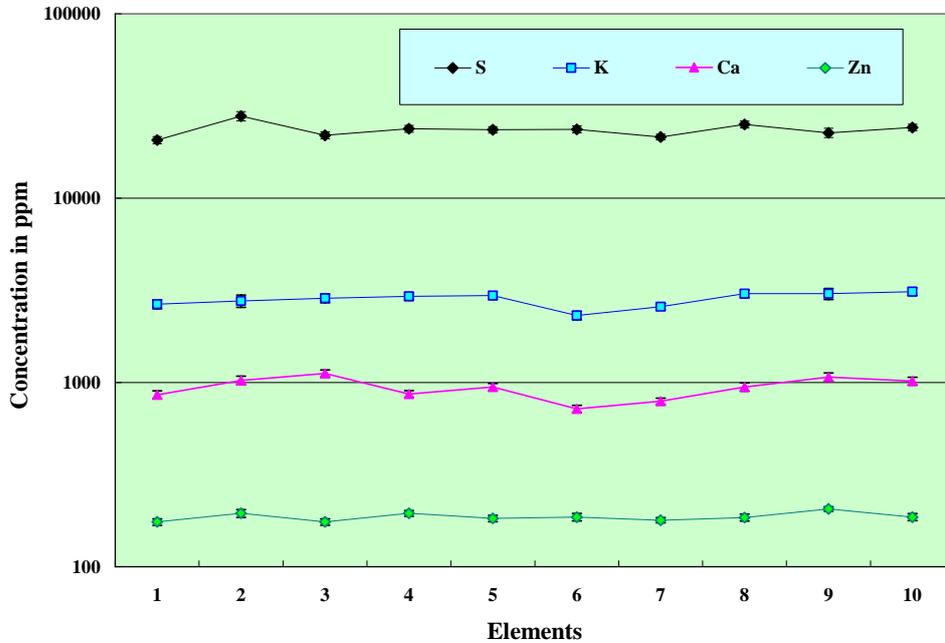


Fig.3. Elemental concentrations of four principal elements in ten targets of the same beard samples taken from person A, where targets were prepared by adding palladium-carbon powder and the results were obtained on the basis of the powdered-internal-standard method.

Fig.3 には人物 A からシェーバ (A1) を用いて採取され、上記の方法により均一化されたヒゲ試料を用いて粉末内部標準法を適用し得られた主要 4 元素に対する結果を示す。内部標準として Pd-C (パラジウムカーボン) が用いられ、試料の秤量、Pd-C の添加と均一化、バックアップ上への固定の操作を、全く独立に 10 回行い製作した 10 枚のターゲットに対する結果である。これらの結果から、S (硫黄) 濃度が約 2.7 重量%であり、これは日本人の毛髪中 S 濃度の平均値 4.3% と比較し若干少ないことが分かった。この図で示す主要元素濃度はおよそ安定しており、このことから試料自体の均一性、試料中での内部標準の均一性がともに満足すべきものであることが分かる。粉末化された

毛髪試料に対してその精度が確認された<sup>13)</sup>「粉末内部標準法」が、シェーバーで採取されたまま手を加えない粉末ヒゲ試料に対しても有効であることが確認された。

Fig.4には、Fig.3と同様の比較を示すが、これらの結果は均一化されたヒゲ試料から直接（内部標準を加えないで）10枚のターゲットを作成し、無標準法で求めたものである。主成分がほぼ同一であると期待されることから、毛髪試料に対して採られるのと同じの連続X線領域及び変換係数を用いて、これらの定量値が求められた。これらの結果の平均値はFig.3における「粉末内部標準法」を用いて得られた結果とほぼ一致しており、毛髪試料に対する無標準法がそのまま粉末状ヒゲ試料に適用可能なことが確認された。同時に、self supportの毛髪試料と異なり、バックング上へコロジオンで固定された粉末試料に対しても、上記の方法でそれらの寄与の差し引きを行うことにより、満足すべき精度で無標準法が適用可能であることも分かった。Fig.3の比較と比較を行うと、結果のばらつきは「粉末内部標準法」よりも小さく、より良い再現性で結果が得られること、さらに上述の均一化法により充分均一で多量の粉末試料が用意できることも確認できた。

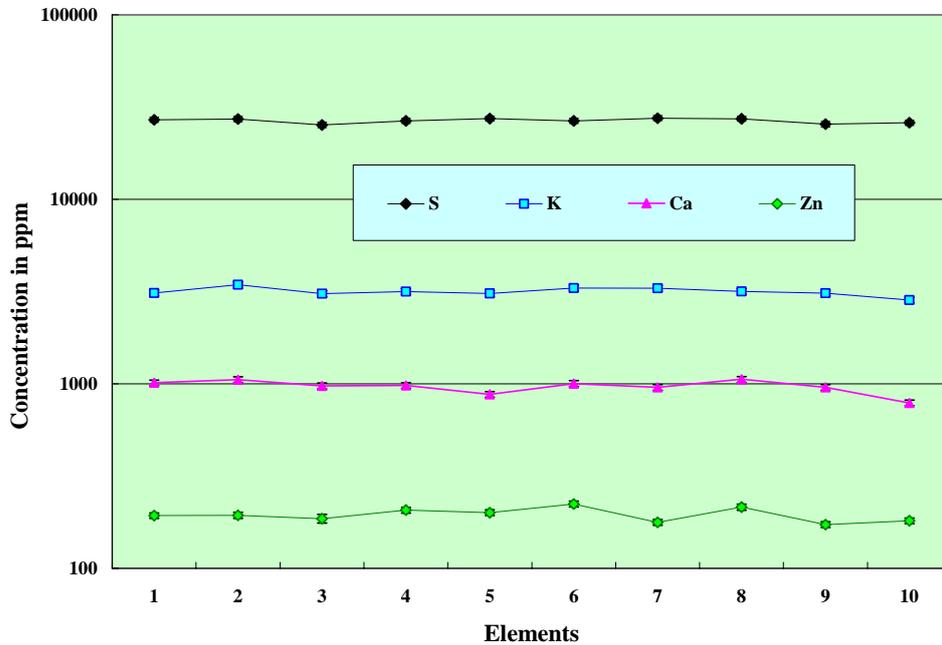
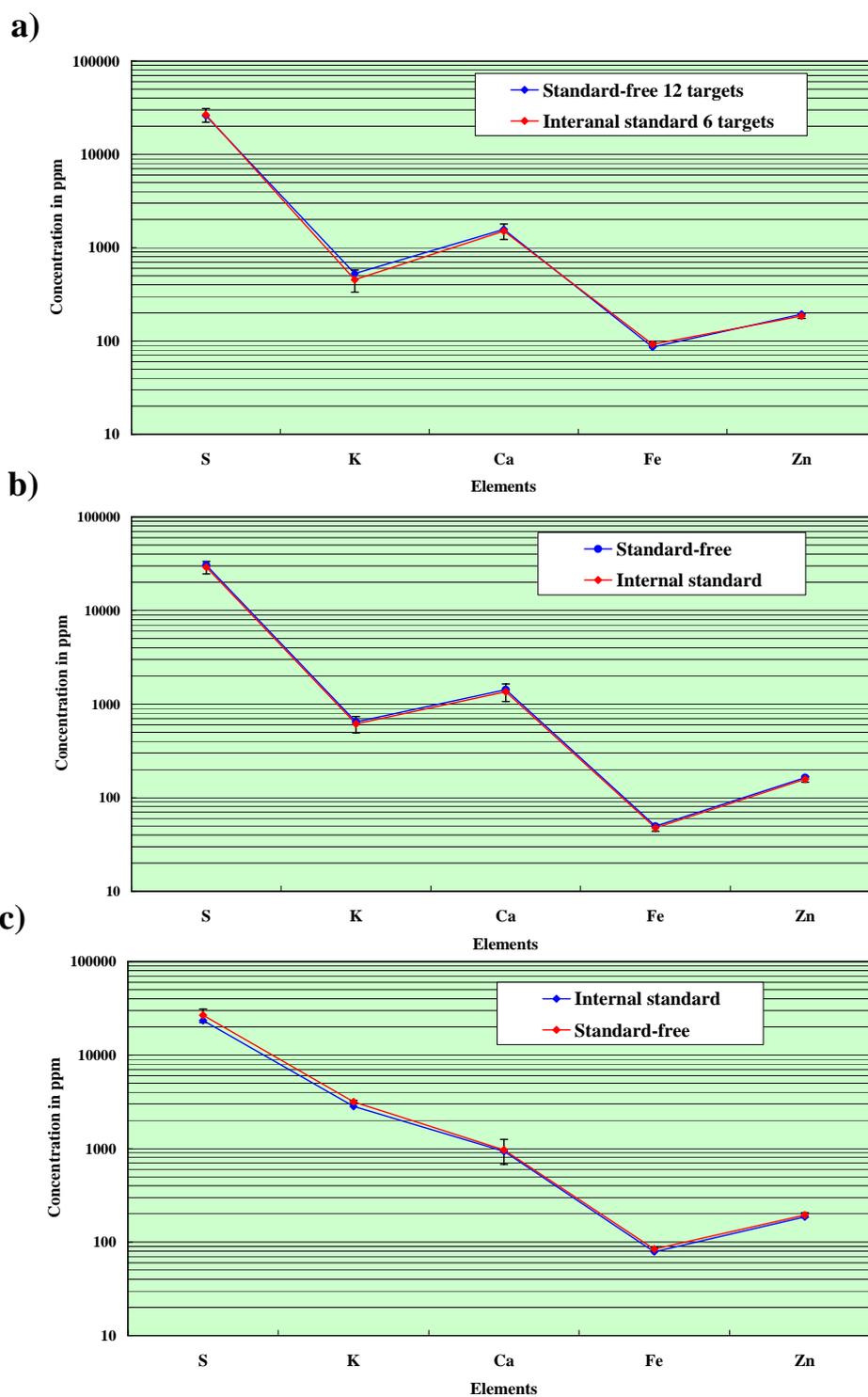


Fig.4. Same as Fig. 3 but targets were prepared without the internal standard and the results were obtained by means of the present standard-free method.

Figs.5-a,b,c)には、人物 A, B, C から、それぞれシェーバー (A1), (B), (C) を用いて採取された 3 ヒゲ試料に対する主元素の分析結果を、2 種の定量法を比較した形で示す。人物 A から採取した試料に対しては、両法に対してそれぞれ 10 枚のターゲットが用意され、測定が行われた。図中には結果の平均値と標準偏差が示されている。B から採取された試料に対しては、無標準法 12 枚、粉末内部標準法 6 枚のターゲットが測定された。人物 C から採取された試料に対しては、それぞれ 1 枚のターゲットのみが測定されたため、実験誤差が error bar として示されている。これらの結果から、両法を用いて得られた結果は互いに良く一致し、粉末ヒゲ試料に対する無標準法が、異なる試料に対しても有効であることが確認できた。これらの無標準法のターゲットに用いた試料は 0.3mg ほどであり、通常の男性が 1 日分のヒゲ試料として採取する量の百分の一程度である。その

ため非常にヒゲの薄い人から採取した微量のヒゲ試料に対しても適用可能であることが期待される。



Figs. 5 a. Comparisons of the elemental concentrations of the five principal elements obtained by the two methods. The beard sample was taken from the person A.  
 b. Same as Fig. 5-a but for the sample taken from the person B.  
 c. Same as Fig. 5-a but for the sample taken from the person C.

Table には人物 A から採取されたヒゲ試料中の全元素濃度を、同時期に同一人物から採取された毛髪試料中元素濃度との比較の形で示す。毛髪試料に対しては、根本から 0.5cm の部分をビームで照射し、無調製・無標準法を用いて分析が行われた。いくつかの元素、例えば Na, Mg, Al, Si, K, Ti, Cr, Mn, Fe に関しては、毛髪中よりもヒゲ中元素濃度が高い傾向が見られる。

Fig.6 にはヒゲ中元素濃度の人による比較を、人物 A, B, C に対して示す。この図から見られるように、人物 B と C のヒゲ中元素濃度は類似した傾向を示しているが、人物 A のヒゲは、特に K, Cr, Mn, As, Se などに際立った特徴を示している。このことから、ヒゲ中元素濃度は、個人の体内元素濃度の特徴を良く反映していることが分かる。

## 5. まとめ

通常の電気シェーバーを用いて採取された粉末状ヒゲ試料に対して無標準法が適用され、充分満足のいく精度・再現性で元素濃度が得られることが確認できた。この方法を用いれば、複雑な試料調製の過程で生じる様々な不確定要因；灰化中の元素の揮発、内部標準添加と均一化の過程で生じる試料のコンタミ、などが完全に排除されるため、従来の方法よりも安定した結果が得られる。しかも試料調製に熟練性が要求されず、誰にでもターゲット作成を行うことができる。従来の毛髪試料に対する無調製・無標準法はビームが当たっている部分のみの「局所分析」であったが、粉末状ヒゲ試料は、試料を均一化を行うことにより全体の平均値を容易に得ることができる。そのためには、陶器製乳鉢内での液体窒素の沸騰を利用した攪拌法が非常に有効であることが分かった。本法により多量の均一試料が得られれば、それを標準試料として PIXE における種々の定量法や分析システム間の校正のみならず、他法との校正も可能となる。

また本法の開発により 0.1mg ほどの超微量試料の定量分析が可能となり、この特徴は体内元素濃度の経日変化測定に非常に有利である。通常の男性からは、1 日分で百枚程度のターゲットができるほどの試料採取が可能であり、かなりヒゲの薄い人、また顔以外の部位から採取される体毛を試料とすれば、女性や子供に対しても、短期間の体内元素濃度変動を調べられる可能性がある。日単位の体内元素濃度の変化が評価できれば、個々の食物摂取、飲料摂取に対応した体内元素濃度の変動も測定可能となることが期待される。

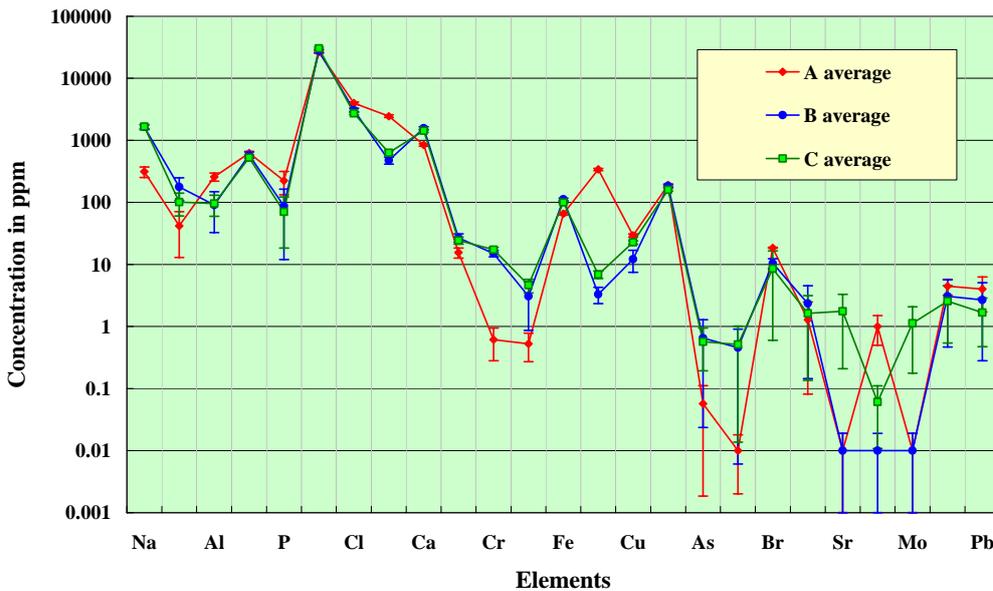


Fig. 6. Comparisons of elemental concentration in beard taken from the person A, B and C.

## 謝辞

共同利用の円滑な運営のために日々献身的な働きをしておられる日本アイソトープ協会 NMCC のスタッフの方々, 及び岩手医大サイクロトロンセンターのスタッフに謝意を表します。

Table Comparisons of elemental concentration (ppm) in hair and beard taken from the same person (A) in the same period.

Elements	Concentration in Hair (ppm)	Error	Concentration in Beard (ppm)	Error
Na	118.	13.	155.	49.
Mg	11.6	3.4	27.6	29.
Al	117.	58.	134.	38.
Si	27.2	14.	191.	47.
P	263.	21.0	221.	91.
S	49700	430	31700	910.
Cl	2380	110	2250	180.
K	552.	107	928.	120.
Ca	931.	54.	696.	34.
Ti	1.92	0.68	6.0	2.9
Cr	ND	--	0.44	0.33
Mn	0.12	0.08	0.55	0.26
Fe	12.6	1.7	26.9	4.2
Cu	23.8	2.1	22.1	1.8
Zn	347.	19.	225.	7.1
As	ND	-	0.097	0.04
Se	0.74	0.3	ND	-
Br	23.2	1.2	16.8	0.37
Rb	0.43	0.4	0.82	1.2
Sr	2.79	1.0	ND	-
Hg	13.0	1.3	6.93	1.3
Pb	6.83	2.2	4.67	2.3

## 参考文献

1. K. Sera, S. Futatsugawa, K. Matsuda and Y. Miura, "Standard-free method of quantitative analysis for bio-samples", *Int'l Journal of PIXE* Vol.6, No.3, 4 467-481 (1996)
2. K. Sera, S. Futatsugawa and K. Matsuda, "Quantitative analysis of untreated bio-samples", *Nucl. Instr. and Meth. B* **150** 226-233 (1999)
3. K. Sera, S. Futatsugawa S. Hatakeyama, Y. Saitoh and K. Matsuda  
"Quantitative Analysis of Bio-medical Samples of Very Small Quantities by the Standard-free Method.", *International Journal of PIXE* Vol. 7-3, 4 (1997) 157-169
4. K. Sera, S. Futatsugawa and Y. Miura, "Application of a Standard-free Method to Quantitative Analysis of Urine Samples", *Int'l Journal of PIXE* Vol. **11**, No.3, 4 149-158 (2001)

5. K. Sera, S. Futatsugawa, S. Murao and E. Clemente  
 "Quantitative Analysis of Untreated Nail Samples for Monitoring Human Exposure to Heavy Metals.", *Int'l Journal of PIXE* Vol. 12, No.3, 4 (2002) 125-136
6. M. A. Habib, S. Miono, K. Sera and S. Futatsugawa, "PIXE analysis of hair in arsenic pollution, Bangladesh", *Int'l Journal of PIXE* Vol.12, No.1, 2 19-34 (2002)
7. S. Murao, E. Daisa, K. Sera, V. Maglambayan and S. Futatsugawa, "PIXE measurement of human hairs from a small-scale mining site of the Philippines", *Nucl. Instr. and Meth.* **B189** 168-173 (2002)
8. Clemente, E., Sera, K., \*Futatsugawa, S. and \*Murao, S, "PIXE Analysis of Hair Samples from Artisanal Mining Communities in the Acupan Region, Benguet, Philippines.  
 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B219-220 161-165 (2004)
9. K. Sera, K. Terasaki, J. Itoh, Y. Saitoh, S. Futatsugawa and Y. Miura, "Standard-free Method for Body Fluid Samples such as Saliva, Sweat, Snivel and Tear."  
*Int'l Journal of PIXE*, Vol.15, No. 1, 2 47-57 (2005)
10. K. Sera, K. Terasaki, J. Itoh, S. Futatsugawa, Y. Saitoh and A. Fujimura, "Simultaneous Multi-element (Including Fluorine) Analysis of Various Bio-medical Samples."  
*Int'l Journal of PIXE*, Vol.15, No. 3, 4 169-180 (2005)
11. S. Futatsugawa, S. Hatakeyama, Y. Saitoh and K. Sera  
 Present Status of NMCC and Sample Preparation Method of Bio-Samples.  
*Int'l Journal of PIXE* Vol. 3- 4 (1993) 319-328
12. K. Sera and S. Futatsugawa, "Quantitative Analysis of Powdered Samples Composed of High-Z Elements.", *Int'l Journal of PIXE*, Vol.8, No. 2, 3, 185-202 (1998)
13. Y. Saitoh, J. Itoh, S. Sakurai, S. Futatsugawa and K.Sera  
 "Application of a Powdered-Internal-Standard Method to Powdered Hair Samples Prepared by a New Method.", *Int'l Journal of PIXE* (in press)
14. K. Sera, T. Yanagisawa, H. Tsunoda, S. Futatsugawa, S. Hatakeyama, Y. Saitoh, S. Suzuki and H. Orihara.,  
 "Bio-PIXE at the Takizawa facility (Bio-PIXE with a baby cyclotron)", *Int'l Journal of PIXE* Vol. 2, No.3 325-330 (1992)
15. K. Sera and S. Futatsugawa, Personal Computer Aided Data Handling and Analysis for PIXE.  
 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 109/110 (1996) 99-104

## **Standard-free method for beard samples of very small quantity**

**K. Sera and K. Terasaki**

Cyclotron Research Center, Iwate Medical University  
348-58 Tomegamori, Takizawa, Iwate 020-0173, Japan

**J. Itoh and Y. Saitoh**

Nishina Memorial Cyclotron Center, Japan Radioisotope Association  
348-58 Tomegamori, Takizawa, Iwate 020-0173, Japan

**S. Futatsugawa**

Radioisotope Section, Japan Radioisotope Association  
2-28-45 Honkomagome, Bunkyo, Tokyo 113-8941, Japan

### **Abstract**

We developed and reported standard-free methods for various samples such as hair, nail, urine, serum, sweat, snivel, tear and saliva, and they have been confirmed to be effective for addressing global environmental issues. It is expected that analyses of beard samples give us useful information about daily changes of elemental concentration in the body in comparison with the other samples. In this work, a quantitative method for untreated beard analysis based on the standard-free method has been developed. By means of the method, it becomes possible to quantitatively analyze extremely small quantity of beard samples, which are daily taken with ordinary electric shaver. The optimum conditions of washing samples have also been examined. It is found that some elements such as potassium, calcium and chlorine are lost by washing in distilled water and it is better to wash the sample in acetone. As a result, the standard-free method for beard samples has been successfully established and good accuracy and reproducibility were achieved.

*Keywords* : PIXE, beard, standard-free, small quantity, toxic element, human exposure