[原 著]

公衆栄養に関する研究

— 第1報 尿尿中元素と量 —

東 博 文*

Research in Public Nutrition

Report #1: Qualitative and Quantitative Analysis of Human Waste

Hirofumi HIGASHI*

Summary

As human waste is collected by Japanese communities, the human waste can be utilized in comparative nutrition research. We can attempt both qualitative and partially quantitative analysis of the elements contained in human waste.

Human waste contains a total of about 20 elements, including Na, K, Ca, Mg, Fe, Si, Al, and so on. This research focused on 5 elements (Na, K, Ca, Mg, and Fe), and utilized the methods of filtration and precipitation. Quantitative analysis of the filtrate and of the clarified liquid resulting from the precipitation process, revealed a variation by method in the amounts of Ca, Mg, and Fe present. Amounts of Na and K were not so variable. The postulated explanation is that the Ca, Mg, and Fe are insoluble, whereas the Na and K are soluble, and therefore present in both liquids. Accordingly, it would appear necessary, in nutrition research based on human waste analysis, to homogenize the waste, in order to obtain representative samples and assure accurate measurement of the elements.

As there is seasonal variation in diet, individual preference, and regional diversity, we must assume that it is necessary to consider these differences in accounting for fluctuations in the quality and quantity of elements found in human waste. This is the subject of my proposed future research.

I はじめに

汲取り便所の尿尿を試料として、地域集団の栄養調査を目的とする本研究を試み、その基礎段階とする尿尿成分の分析方法を確立するため、尿尿中無機成分の定性と一部含有元素の定量を試み、検討したので報告する。

II 方 法

(1) 尿尿の採取方法

汲取り便所を有する各戸の尿尿は便所の貯留槽の大きさにも左右されるものの、おおそ2ヶ月が貯留されている。これらの尿尿の大部分は衛生的処理を目的として、1台のパキュムカーで数

* 帝京大学医学部公衆衛生学教室

* *School of Public Health Teikyo University School of Medicine Tokyo, Japan*

戸分(4～7戸)が近隣の世帯から採集され、尿尿処理場へ搬入される。バキュームカーにより汲取られたバキュームタンク内の尿尿は各戸より汲取るたびに攪拌され、尿尿処理場の一次貯留槽へ排出する時前にも、排出を完全にするために強力に動力攪拌され排出される。この時点で、バキュームカー1台から攪拌尿尿の一部(相当な勢いで排出されるので、一担手製のポリバケツに捕集し、その中からすみやかに約100mlをポリ容器に採取した)を採り、それを尿尿成分分析用試料とした。

(2) 尿尿成分の分析方法

1) 尿尿(試料)の前処理

バキュームカーより一部試料として採取された尿尿は定容を容易にするため前処理として、ホモジナイザー(ヒストコロン、日本精密工業株式会社製)で十分に均一に破碎、混合攪拌した。

2) 尿尿中無機成分の定性

前処理を終えた尿尿は図1に示される方法により、A～Cの3つの試料に分別、低温灰化および湿式灰化処理し、発光分光分析法(断続アーク方式、

10Amp、島津QL-170、島津製作所製)による定性を京都科学研究所株式会社分析センターに依頼した。またプラズマ発光による写真定性分析については定性限界0.01PPmのスペクトラスパンⅢによる分析を安部商事株式会社に依頼した。

3) 尿尿中無機成分の一部元素の定量

尿尿は前処理(ホモジナイザー処理)されたものを1次試料とした。

図2に示されるようにメスシリンダーにて20mlに定容し、100ml容ケルダールフラスコに1次試料を分注する。これにHNO₃(含量:61%, 試薬特級、和光純薬工業株式会社製)10mlを注加し、ドラフトチェンバー内にて乾固するまで加熱、自然冷却

表1 し尿中元素の定性分析結果

		試料A	試料B	試料C
ナトリウム	Na	+ 3	+	+ 3
カリウム	K	+ 3	+	+ 3
カルシウム	Ca	+ 3	+	+ 3
マグネシウム	Mg	+ 2	+	+ 2
ケイ素	Si	+ 2	+	+ 2
鉄	Fe	+ 1	+	+ 2
アルミニウム	Al	+ 2	+	+ 2
バリウム	Ba	—	+	+ 2
スズ	Sn	—	—	+ 2
亜鉛	Zn	—	—	+ 2
リン	P	—	—	+ 2
銅	Cu	trace	—	+ 1
マンガン	Mn	—	—	+ 1
カドミウム	Cd	—	—	+ 1
チタン	Ti	—	—	+ 1
ホウ素	B	—	—	+ 1
クロム	Cr	—	—	+ 1
ニッケル	Ni	—	—	+ 1
コバルト	Co	—	+	—
ストロンチウム	Sr	—	+	—
鉛	Pb	—	—	trace

図1 し尿の分析処理方法

表2 し尿中の元素量 (g/ml)

元素記号	ろ液			上澄液			混合液		
Na	1454	1461	1439	1265	1265	1268	1286	1306	1320
K	452.4	523.8	533.4	476.2	452.4	452.4	509.3	476.2	476.2
Mg	0.944	1.13	1.05	2.87	2.62	2.86	62.45	63.55	64.65
Ca	12.63	11.54	12.70	58.35	63.15	61.80	99.55	99.55	94.75
Fe	1.13	1.25	1.30	3.13	3.63	3.25	8.95	9.00	8.88

する。この操作をケルダールフラスコ内容物が無色透明となるまで2～3回繰り返し、 HClO_4 (含量：70%，試薬特級，和光純薬工業株式会社製) 10mlを加え，再び乾固するまで加熱し，自然冷却する。これらに5規定 HCl (含量：36%，試薬特級，和光純薬工業株式会社製にて調整，以下同じ) 10mlと4% $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (試薬特級，和光純薬工業株式会社製にて調整) 5mlを加え，ケルダールフラスコ内管壁の白色結晶様を加温溶解し，精製蒸留水を加え，100ml容メスフラスコにて定容したものを2次試料とした。2次試料を適宜に希 HCl で希釈し，原子吸光炎光分析器 (AA-780型，ジャー

レルアッシュ製)にて原子吸光炎光分析し，尿尿1ml中の元素量 μg 単位に換算して定量した。

Ⅲ 結 果

(1) 分割試料 (A～C) 別定性結果

表1に示されるように試料(A)は前処理尿尿を濾紙で濾過した後，その濾液を湿式灰化し，断続アーク方式により定性したもので，この濾液中にはNa, K, Ca, Mg, Si, Fe, Alの7元素が検出され，Cuは痕跡程度に検出された。

試料(B)は前処理尿尿を静置して後，その上澄部分を湿式灰化処理し，プラズマ発光により写真

図2 し尿中の元素定量方法

定性分析を行ったもので、Na, K, Ca, Mg, Si, Fe, Al, Ba, CO, Srの10元素が検出された。

試料(C)は前処理尿尿を直接乾燥器内温度70℃にて水分を除去し乾固したものを低温灰化装置(Trapero LTA302)にて灰化処理し断続アーク方式により定性したもので、Na, K, Ca, Mg, Si, Fe, Al, Ba, Sn, Zn, P, Cu, Mn, Cd, Ti, B, Cr, Niの18元素が検出され、Pbは痕跡程度が検出された。

(2)分別された尿尿(混合、上澄、滲過液)中のNa, K, Ca, Mg, Fe量

上述の尿尿採取方法に従って採取された7台分の尿尿(各々100ml)を混合し、ホモジナイザーによる前処理を行った後、均一化された状態(破砕攪拌)で3分割した。それぞれの尿尿はそのままの状態(混合液)と静置した後の上澄(上澄液)、および滲紙で滲過した後の溶液部(滲液)分に分別した。これらの分別液を図2に示される尿尿中元素定量方法に従って、Na, K, Ca, Mg, Feを定量した。なお、NaとKについては炎光分析、他のCa, Mg, Feについては原子吸光分析により定量した。その結果、これらの尿尿中には表2に示されるように、混合液には1288~1320 $\mu\text{g/ml}$ のNaが、470~510 $\mu\text{g/ml}$ のKが、95~100 $\mu\text{g/ml}$ のCaが、63~65 $\mu\text{g/ml}$ のMgが、そして9 $\mu\text{g/ml}$ のFeが定量された。

上澄液はNaが1270~1280 $\mu\text{g/ml}$ 、Kが450~480 $\mu\text{g/ml}$ 、Caが59~63 $\mu\text{g/ml}$ 、Mgが2.6~2.9 $\mu\text{g/ml}$ 、そしてFeが3.1~3.6 $\mu\text{g/ml}$ 定量された。

滲液にはNaが1440~1460 $\mu\text{g/ml}$ 、Kが450~530 $\mu\text{g/ml}$ 、Caが11.5~12.7 $\mu\text{g/ml}$ 、Mgが0.9~1.1 $\mu\text{g/ml}$ 、そしてFeは1.1~1.3 $\mu\text{g/ml}$ が定量された。

IV 考 察

人種、性、年齢などの個々人の生物学的属性、嗜好や食習慣などの社会的条件、および食品の生産量や価格などの経済的条件のほかにも、それを取り巻く労働条件や自然環境は野尻・他(1979)、田中・他(1981)、岡崎・他(1982)の報告にもみられるように人々の食物摂取に影響を及ぼし、かつ消化、吸収排泄に影響を与えずにおかない。

一方、成人病の予防、治療にとって食事が重要

視されるようになっていく中で、食物摂取状況は重要である。しかし食べた物だけでなく排泄されたものについても定量できるものでなければ充分ではない。

個人的食物摂取状況の把握はTipton, I. H. (1966, 1970) らが行った実験的方法で綿密、かつ継続した栄養調査が可能である。しかし豊川(1981)の指適する公衆衛生的接近が必要とされる地域の大・小集団を対象とした食物摂取状況の把握は食物の摂取のみの方向からとらえようとする従来からの国民栄養調査をはじめ、これに類似するその他の栄養調査には複雑な要因が影響を及ぼし、その状況把握に困難がみられる。

松本(1979)が著書：講座一現代の医学の中で恒常性維持・同一性保持と環境と題する論述の中で、食物を通して摂取され、吸収された肝臓のタンパク質の半分は2~3週間で新しいタンパク質に入れ換えることなどを述べている。このことから人々が日常生活における食物摂取から消化吸收を経て、最終的に体外へ排泄される尿尿で、食物摂取状況の把握を検討することも可能であると考えた。

尿尿は地域集団として集積された状態で採取することが可能である。すなわち1世帯には一般的に1人以上の複数が生棲し、日常生活における1日の3分の1以上は最低、この中で費される。この間には2回以上の食事が摂られ、それに排泄行為が伴う。このようにして排泄された尿尿はある一定期間中(汲取りから次回の汲取りまで約2ヶ月)が貯留され、家族員の排泄物が集積される。

一方、尿尿処理を目的とするバキュームカーは1台のバキュームカーで数世帯(4~7世帯)分の尿尿が採取されるのであるが、その場合でも、バキュームカーの合理的、かつ能率的運用を行うために、一般には近隣する世帯から採取する方式がとられている。また汲取り便所の尿尿と家庭用浄化槽内の尿尿は尿尿処理の段階で別途に取り扱われるため混合されて採取されることはほとんどなく、別々に搬入される。汲取便所からの尿尿は「生=なま」と呼ばれており、尿尿処理場の一時貯留槽に排泄される時前には、バキュームカーのタンク

内の尿尿は動力攪拌がなされる。

本研究に使用した尿尿は、この「生」を試料としたのであって、これの分析により得られた値は地区を代表する値であると考えた。また、尿尿の定性結果からもみられるように、尿尿にはNa, K, Ca, Mg, Fe, Si, Alなどの約20種の金属元素が含まれており、これらの元素は寺岡・他(1978)が日常食用に供される食品中の元素分析結果と一致している。このことは尿尿中元素が摂取食品に対応していると考えられる。

人の栄養摂取の状況を集団としてとらえようとする本研究で、まずNa, K, Ca, Mg, Feの5元素をとりあげ、その含量について検討してみた。その結果、尿尿を上澄部分と滲液部分に分別することで、その含量に明確な変化がみられた。この変化の著しい元素はCa, Mg, Feであって、Na, Kではその変化がさほどみられなかった。このことはNaやKが尿尿の液部にその大部分が存在していることが考えられ、一方、Ca, Mg, そしてFeにおいては、むしろ尿尿の残渣部に残存するものもあることが推察される。従って尿尿の元素定量には尿尿を十分に破碎、均一化し混合された状態を分析用試料とすることが望しいと考えた。

人々の食物摂取の仕方は個々人の特性や季節などのさまざまな条件に影響されることから考えて、これに対応すると仮定する本研究には尿尿処理を目的とした小林・他(1970, 1976)の報告にもみられるように、尿尿中元素量の季節的変動や地域差などについても検討の必要性が考えられ、今後の研究課題とされる。

尚、本研究に関連したことについては第48, 第49, 50回日本衛生学会総会において発表した。また本研究に際し、御協力下さいました掛川市榛村市長はじめ、掛川市役所の環境衛生センターの弓桁久雄氏、並びに尿尿採取に御尽力下さいました同センター職員諸氏、尿尿の運搬に御協力下さいました掛川市農業協同組合

職員諸氏、そして本研究の御指導、御便鞭を下さいました帝京大学医学部公衆衛生学教室の山本幹夫教授、沖野哲郎助教授、寺尾浩明講師に対し深謝の意を表する。

V 文 献

- 小林 純・他(1970): し尿中の無機成分に関する研究(第1報), 用水と廃水, 12, 8, 635—642
- 小林 純・他(1976): し尿中の無機成分に関する研究(第2報)東北地方のし尿中のCa, Mg, Na, K, P, Cl, S, Mn, Fe, Cd, Cu, Zn, Ni, Pbの含有量について, 農学研究 55, 3, 161—176
- 松本信雄(1979): 講座現代の医学, 第5巻生存と環境, 公害と健康, 日本評論社(東京), 219—239
- 野尻雅美・他(1979): 山形県における市町村別脳卒中死亡率と食塩摂取状況調査, 日本公衛誌, 26, 4, 195—201
- 岡崎光子・他(1982): 世帯主の在宅の有無は家庭の食生活に影響を及ぼすか, 一出稼ぎに伴う変化に関する事例研究一, 日本公衛誌, 29, 5, 208—215
- 田中平三・他(1981): 国際的視野からみた日本人の栄養摂取構造とその経年推移(第2報)供給エネルギーに関する検討, 日本公衛誌, 28, 7, 321—336
- Tipton, I. H., and Stewart, P. L. (1970): Analytical Method for the Determination of Trace Elements—Standard Man Studies. Trace Substances in Environmental Health—III, 305—330
- Tipton, I. H., Stewart, P. L. and Martin, P. G. (1966): Trace Elements in diets and excreta. Health Physics, 12, 1683—1689
- 豊川裕之(1981): 地域保健医療の方略, 寿命学研究年報, 3, 13—22
- 寺岡久之(1978): 食品中に含まれる15種類以上の金属元素の定量, 日衛誌, 33, 1, 97

(受稿1982.12.13)