

微量 金屬暴露에 있어 生体試料의 特性(第2報)
—미량금속 폭로도와 개인적 요인과의 관계를 중심으로—

金大善 · 金錫載*

ITC, *국립경상대학교

**Studies on the Characteristics of Biological Samples
Under the Exposure of Trace Metals (The 2nd Report)**
—focusing on the relation between trace metal
concentrations and personnel factors—

Dae Seon Kim and Serk Jai Kim*

Dept. of Rural & Land Ecology, ITC, The Netherlands

**Dept. of Food Engineering Science, Gyeong Sang Natl. Univ.*

ABSTRACT

This study was carried out to find out some characteristic responses of biological samples under the exposure of trace metals with the considering of Sex, age, residence period and smoking. Blood, Urine and Hair were collected from 116 dwellers in the vicinity of a smelting factory. Cd, Cu, Pb and Zn concentrations were determined by flame atomic absorption spectrophotometry and the following results were found important.

- 1) The concentrations of trace metals in the blood were $0.010 \pm 0.003 \mu\text{g/ml}$ in Cd, $0.82 \pm 0.11 \mu\text{g/ml}$ in Cu, $0.23 \pm 0.13 \mu\text{g/ml}$ in Pb and $5.78 \pm 1.43 \mu\text{g/ml}$ in Zn, those in the urine were $1.7 \pm 1.7 \mu\text{g/l}$ in Cd, $16.5 \pm 16.0 \mu\text{g/l}$ in Cu, $24.6 \pm 23.0 \mu\text{g/l}$ in Pb and $367.7 \pm 283.4 \mu\text{g/l}$ in Zn, and those in the hair were $0.52 \pm 0.56 \mu\text{g/g}$ in Cd, $11.00 \pm 4.01 \mu\text{g/g}$ in Cu, $8.53 \pm 7.05 \mu\text{g/g}$ in Pb and $383.23 \pm 110.56 \mu\text{g/g}$ in Zn.
- 2) In sex, the concentrations of Zn in the blood and urine of male were higher than those of female, however, the concentrations of Cd and Zn in the hair of female were higher than those of male.
- 3) The concentrations of Cd, Pb and Zn in the urine showed an increasing trend by age.
- 4) While the concentration of Cd in the urine increased, the concentration of Pb in the hair decreased by residential period in all the samples.
- 5) The concentrations of Cd and Zn in the blood and that of Zn in the urine of smoking group were higher than those of non-smoking group. The concentration of Pb in the blood of smoking group and those of Cd, Pb and Zn in the urine of non-smoking group showed increasing the trend by age. The concentrations of Cd and Zn in the urine of non-smoking group, the concentration of Zn in the hair of smoking group showed increasing trend by residential period, however, the concentrations of Pb in the blood and hair and that of Zn in the hair showed decreasing trend by residential period.
- 6) When the correlations of the concentrations between Zn (main smelting metal) and other metals were analyzed, Zn in the blood was significantly correlated with Cu, Pb and Zn in the urine (positively) and Zn in the urine was significantly correlated with Zn in the blood, Cd, Cu and Pb in the urine, and Pb in the hair (positively). Zn in the hair was significantly correlated with Cd in the urine and Cu in the hair (positively).
- 7) Consequently, it was useful to note that samples of urine showed higher sensitivity under the metal exposure than those of blood and hair in individual sampling. In addition, as trace

metals showed higher accumulation in the hair of the groups, sampling of hair was more highly recommended than those of urine and blood in group sampling.

Keywords : Characteristics, sample, exposure, metals.

I. 緒 論

環境要因의 人體에 대한 影響과 疾病誘發에 관한 環境疫學的 研究는 環境的으로 環境性 疾病이 發生되지 않았다 하더라도 장차 惹起될지 모를 可能性이나 危險性을 豫見하면서 未然에 대처하기 위하여 실시하는 것으로 集團의 健康保護 對策을 위하여 必要한 것이다.

集團을 對象으로 微量金屬의 暴露 程度나 健康에 미치는 影響에 대하여 研究하는데는 대개 血液 및 尿 中の 化學成分値와 함께 血液, 尿, 毛髮 中 微量金屬濃度를 그 指標로 삼고 있으나 여러 報告에 의하면 地域 特性을 비롯하여 血統, 性, 年齡, 職業, 食性, 吸煙, 嗜好 그리고 生活樣相에 따라 濃度の 差異를 보이고 있다.¹⁻⁷⁾

環境汚染에 의한 人體의 影響 및 障害에 관한 疫學調査에 있어서는, 우선 因子를 둘러싸고 있는 環境因子와 流行因子가 不分明하고 서로 複雜하게 作用하며 有害物質에 의한 暴露와 生體反應을 論할 경우, 量-反應關係의 評價가 간단하지 않으며 그 結果로 생기는 生體影響도 特異的이 아니어서 一般 傳染病 疫學과는 달리 明確한 해결이 容易하지 않다.

따라서 環境性 疾患은 疾病 發生 後 治療와 原因 糾明의 導出이 容易하지 않기 때문에 疾病發生 以前에 危險性이 있는 集團에 대한 環境疫學調査가 先行되어 豫防醫學的 次元에서 健康向上을 圖謀해야 한다.⁸⁾

이에 본 研究는 어느 制限소를 선정, 人爲的인 汚染源으로서 어떤 汚染源을 두고 있는 地域에서 직업적 폭로를 받지 않는 인근주민에 대한 米糧금속 폭로도를 조사하면서 性別, 나이, 그 地域 거주기간, 흡연여부 등 개인적 단속요인과의 關係를 중심으로 앞으로의 環境疫學調査時 採取가 가능한 人體試料의 特性을 살피고자 수행하게 된 것이다.

II. 調査內容 및 方法

1. 對象集團의 選定과 調査對象者의 選定

環境疫學分野에서, 特히 分析疫學의 方法을 利用하여 環境汚染物質의 人體影響을 調査하려는 研究計劃에 있어서는, 普通 어떻게 調査對象集團을 選定하는가가 問題이다. 그래서 人爲的인 汚染源으로

어떤 汚染源을 두고 있는 地域에서 職業的 暴露를 받지 않는 住民들을 調査對象者로 選定하되 본 研究에서는 無作爲抽出을 하였다.

(1) 地域의 現況

製鍊所가 所在하고 있는 P郡의 S面은 그 地域의 67%가 海拔 600 m 以上에 位置하고 있으며, 본 調査地域인 S마을은 製鍊所에서 북동쪽으로 300~1000 m 範圍 內에 位置하고, 마을주변은 산으로 둘러싸여져 있는데 人口는 본 조사가 수행된 1986년 11월말 현재 男子 3,494名, 女子 3,038名, 計 6,532名 이었다.⁹⁾

(2) 標的 物質의 選定

個個人에 對한 特定 汚染物質의 暴露와 吸收, 또는 攝取量의 把握은 一般的으로 標的 物質의 量과 濃度を 바탕으로 推定量을 산출할 수 있다고 생각되어 가장 폭로될 可能性이 높은 物質을 標的 物質로 선정하고자 制限所에서의 처리물질을 조사하였던 바 1970년부터 아연괴(亜鉛塊)를 생산하기 시작한 이래 1986년 현재 아연괴, 카드뮴, 황산망간, 황산동, 황산 등을 생산하고 있었다.

따라서 標的 物質로 카드뮴, 구리, 아연을 選定하였으며 부수적 項目으로 납을 넣어 네 項目으로 定하였다.

2. 對象試料

(1) 攪亂要因의 排除

攪亂要因을 除外시키기 위해 老弱者, 持病者, 高·低血壓者를 除外시키고 健康한 사람만을 對象으로 調査表에 의거 나이, 居住期間과 個人的 生活習慣으로 흡연여부를 조사하였다.

(2) 層化抽出

별도로 層化抽出을 行할 必要가 없이 社會層은 같은 部類이었으나 연령층은 地域의 與件上 試料數를 考慮할 때 不可能하였다.

(3) 試料의 採取

血液은 1회용 注射器를 사용해 vacutainer에 10 ml 정도 채취하였으며, 尿는 全日尿의 採取가 不可能하여 單回尿로 아침의 첫 小便을 polyethylene병에 150 ml 정도 채취하였고, 毛髮은 頭皮에서 약 2 cm되는 部位를 1~2 g을 採取하여 中性洗劑로 2회 씻고 deionized water로 氾군 뒤, 다시 acetone으로 씻고 deionized water로 氾군 다음, ethylene dia-

Table 1. Distribution of the subjects by sex and age

Sex/Age	20~29	30~39	40~49	50~59	60~69	Total
Male	5	15	11	10	6	47
Female	3	28	14	13	11	69
Total	8	43	25	23	17	116

Table 2. Distribution of the subjects by residence periods

Sex/Year	~5	6~10	11~15	16~	Total
Male	18	3	6	20	47
Female	16	16	8	29	69
Total	34	19	14	49	116

mine tetraacetic acid(E.D.T.A.)용액에 담구어 5분간 방치한 후 deionized water로 3회 세척하여 60°C 의 dry oven에서 10시간 동안 乾燥시켜 分析用 試料로 使用하였다.

性別, 年齡別, 住居期間別, 吸煙與否別 等에 따른 試料採取 內容은 Table 1~3과 같다.

Table 3. Classification of the subjects by smokers and nonsmokers

Sex	Smokers	Nonsmokers	Total
Male	27	20	47
Female	5	64	69
Total	32	84	116

Table 4. Trace metal concentrations in blood, urine and hair

(Unit : Blood µg/ml, Urine µg/l, Hair µg/g)

	Sex	Cd	Cu	Pb	Zn	
Blood	M	Avg± S.D.	0.010± 0.003	0.79± 0.14	0.24± 0.11	6.11± 1.16*
		Range	0.002± 0.019	0.48± 1.13	N.D.-0.48	3.52-8.71
		Median	0.010	0.77	0.24	6.15
	F	Avg± S.D.	0.009± 0.003	0.84± 0.22	0.23± 0.14	5.55± 1.56
		Range	N.D.-0.015	0.47-1.72	N.D.-0.67	2.03-13.9
		Median	0.010	0.83	0.20	5.49
	T	Avg± S.D.	0.010± 0.003	0.82± 0.11	0.23± 0.13	5.78± 1.43
		Range	N.D.-0.019	0.47-1.72	N.D.-0.67	2.03-13.9
		Median	0.010	0.79	0.22	5.80
Urine	M	Avg± S.D.	1.4± 0.9	16.9± 13.6	27.2± 24.2	480.7± 360.9**
		Range	0.2-4.4	N.D.-64.0	N.D.-92.3	60.0-1642.5
		Median	1.3	14.6	19.8	351.1
	F	Avg± S.D.	1.9± 1.9	16.2± 17.6	22.7± 22.2	286.1± 172.6
		Range	N.D.-11.0	N.D.-95.0	N.D.-84.1	96.0-945.0
		Median	1.4	11.5	17.3	237.7
	T	Avg± S.D.	1.7± 1.7	16.5± 16.0	24.6± 23.0	367.7± 283.4
		Range	N.D.-11.0	N.D.-95.0	N.D.-92.3	60.0-1642.5
		Median	1.3	13.7	18.8	272.3
Hair	M	Avg± S.D.	0.36± 0.47	10.73± 4.22	7.08± 6.58	340.7± 101.1
		Range	N.D.-2.03	6.62-33.23	N.D.-30.6	168.0-664.0
		Median	0.21	9.68	5.53	316.0
	F	Avg± S.D.	0.63± 0.60*	11.48± 5.32	9.52± 8.51	412.2± 108.0*
		Range	N.D.-2.03	4.44-32.5	N.D.-42.4	246.0-741.0
		Median	0.39	9.70	7.25	398.0
	T	Avg± S.D.	0.52± 0.56	11.0± 4.01	8.53± 7.05	383.2± 110.6
		Range	N.D.-2.03	4.44-33.23	N.D.-42.4	168.0-741.0
		Median	0.33	9.69	6.29	357.0

*p<0.05, **p<0.01.

M : Male, F : Female, T : Total, Avg± S.D. : Average± Standard Deviation.

Table 5. Trace metal concentrations in samples by age groups

(Unit : Blood $\mu\text{g/ml}$, Urine $\mu\text{g/l}$, Hair $\mu\text{g/g}$)

Age (years)	Sample	Cd	Cu	Pb	Zn
20~29	Blood	0.012 ± 0.004	1.02 ± 0.35	0.15 ± 0.15	5.43 ± 0.95
	Urine	1.3 ± 0.6	13.6 ± 7.3	14.4 ± 13.7	411.3 ± 239.5
	Hair	0.254 ± 0.240	11.79 ± 3.16	7.94 ± 3.81	378.8 ± 100.9
30~39	Blood	0.009 ± 0.003	0.76 ± 0.16	0.25 ± 0.13	5.68 ± 1.38
	Urine	1.3 ± 0.8	18.4 ± 19.1	20.4 ± 16.9	282.0 ± 171.7
	Hair	0.564 ± 0.613	10.75 ± 3.29	9.60 ± 10.11	379.7 ± 108.3
40~49	Blood	0.010 ± 0.003	0.84 ± 0.16	0.21 ± 0.09	5.95 ± 1.22
	Urine	2.1 ± 2.1	12.9 ± 5.4	32.1 ± 28.2	365.1 ± 238.1
	Hair	0.718 ± 0.721	11.36 ± 6.47	8.19 ± 6.59	383.7 ± 106.5
50~59	Blood	0.009 ± 0.003	0.86 ± 0.19	0.23 ± 0.12	6.04 ± 2.22
	Urine	1.9 ± 2.1	12.9 ± 13.9	28.9 ± 29.6	433.5 ± 439.8
	Hair	0.389 ± 0.395	9.01 ± 1.82	6.42 ± 6.21	395.8 ± 123.7
60~	Blood	0.010 ± 0.004	0.78 ± .12	0.26 ± 0.15	5.68 ± 0.93
	Urine	2.1 ± 1.5	23.0 ± 21.5	23.5 ± 20.1	470.8 ± 304.3
	Hair	0.423 ± 0.421	13.39 ± 7.68	9.48 ± 6.23	376.8 ± 119.3
Total	Blood	0.010 ± 0.003	0.82 ± 0.11	0.23 ± 0.13	5.78 ± 1.43
	Urine	1.7 ± 1.7	16.5 ± 16.0	24.6 ± 23.0	367.7 ± 283.4
	Hair	0.52 ± 0.56	11.00 ± 4.01	8.53 ± 7.05	383.2 ± 110.6

Average ± Standard Deviation.

3. 分析方法

試料(血液 10 ml, 尿 100 ml, 毛髮 0.5 g)를 Kjeldahl flask에 넣은 후, 窒酸, 過鹽素酸, 黃酸을 넣고 濕式灰化시켜 有機物을 分解한 다음 環境汚染公定 試驗法¹⁰⁾에 準해, 分解된 溶液을 sodium N,N-dithiocarbamate(D.D.T.C.)로 chelate 化合物을 生成시킨 다음, methyl isobutyl ketone(M.I.B.K.)로 抽出하여 揮散시킨 뒤 0.5 N HCl로 檢液을 만든 後, Flame-Atomic Absorption Spectrophotometer (Perkin Elmer 2100)로 카드뮴, 구리, 납, 아연을 測定하였다. 이 때 使用한 標準液(日本 純正社)은 1000 ppm(1 ml=1 g)을 稀釋해서 使用하였는데 모두가 原子吸光分析用 試藥이었으며 測定時의 燃料은 air-acetylene이었고 金屬別 波長은 Cd-228.8 nm, Cu-324.8 nm, Pb-217.0 nm, Zn-213.9 nm이었다.

III. 結 果

環境疫學調査 時, 어떤 Point-Source로부터의 微量金屬暴露度를 調査할 때, 各 試料가 나타내는 特性을 살피고자 어느 制限所를 汚染源으로 잡고 隣近住民으로부터 採取한 血液, 尿, 毛髮의 分析 結果를 特性別로 整理하였다.

1. 性別

성별에 따른 血液, 尿, 毛髮 中 微量金屬濃度는 Table 4와 같다.

(1) 血液

血液中 Cd는 男子가 0.010 ± 0.003 $\mu\text{g/ml}$, 女子가 0.009 ± 0.003 $\mu\text{g/ml}$, Cu는 男子가 0.79 ± 0.14 $\mu\text{g/ml}$, 女子가 0.84 ± 0.22 $\mu\text{g/ml}$, Pb는 男子가 0.24 ± 0.11 $\mu\text{g/ml}$, 女子 0.23 ± 0.14 $\mu\text{g/ml}$ 로, Cd와 Pb는 男子가, Cu는 女子가 약간 높게 나타났으나 有意한 差는 없었다. Zn은 男子가 0.008 ± 0.004 $\mu\text{g/ml}$, 女子가 0.006 ± 0.002 $\mu\text{g/ml}$ 로 男子가 女子보다 높았으며 有意性도 認定되었다($P < 0.05$).

(2) 尿

尿中 微量金屬의 濃度에서 Cd는 男子가 1.4 ± 1.9 $\mu\text{g/l}$ 女子는 1.9 ± 1.9 $\mu\text{g/l}$, Cu는 男子가 16.9 ± 13.6 $\mu\text{g/l}$ 女子가 16.2 ± 17.6 $\mu\text{g/l}$, Pb는 男子가 27.2 ± 24.2 $\mu\text{g/l}$, 女子는 22.7 ± 22.2 $\mu\text{g/l}$ 으로 性別間 有意한 差를 볼 수 없었으나 Zn의 경우, 男子는 480.7 ± 360.9 $\mu\text{g/l}$, 女子는 286.1 ± 172.6 $\mu\text{g/l}$ 로 男子가 有意하게 女子보다 濃度가 높았다($p < 0.01$).

(3) 毛髮

毛髮中 Cd의 濃度는, 男子가 0.36 ± 0.47 $\mu\text{g/g}$ 女子가 0.63 ± 0.60 $\mu\text{g/g}$ 으로 血液, 尿에서와는 달리

Table 6. Correlation between metals in samples and age, period of residence

		Age					Period of Residence				
		Male	Female	Smoker	Non-smoker	Total	Male	Female	Smoker	Non-smoker	Total
Blood	Cd										
	Cu										
	Pb			.3737 (30) p=.021				-.2024 (62) p=.057		-.1542 (77) p=.090	
	Zn		.2016 (62) p=.058								
Urine	Cd	.2128 (44) p=.083	.1808 (60) p=.083		.1795 (74) p=.063	.1844 (104) p=.030		.1997 (60) p=.063		.1975 (74) p=.046	.1559 (104) p=.058
	Cu							-.2062 (61) p=.055			
	Pb	.1976 (44) p=.099			.1824 (75) p=.059	.1559 (105) p=.056	.2194 (44) p=.076				
	Zn	.2877 (44) p=.029	.1775 (61) p=.086		.2324 (75) p=.022	.2025 (105) p=.019				.1772 (75) p=.064	
Hair	Cd										
	Cu										
	Pb							-.2103 (69) p=.041		-.1735 (84) p=.057	-.1585 (116) p=.045
	Zn								.3458 (32) p=.026	-.1423 (84) p=.098	

女子가 男子보다 높게 나타났다(p<0.05). Cu는 男子가 10.73±4.22 µg/g 女子가 11.18±5.32 µg/g, Pb는 男子가 7.08±6.58 µg/g 女子가 9.52±8.51 µg/g 으로 女子가 다소 높게 나타났으나 有意性은 없었다. 그러나 Zn에서는 男子가 340.68±101.05 µg/g 女子 412.22±107.98 µg/g으로 혈액, 尿의 境遇와 달리 오히려 男子가 女子보다 낮게 나타났다(p<0.05). 그리고 모발은 혈액이나 뇨에 비해 금속별로 상당히 높은 농도를 나타내었는데 Cd의 경우 血液과 尿에 비해 각각 약 50배와 300배, Cu의 경우 10배와 600배, Pb의 경우 30배와 300배, Zn의 경우 180배와 1000배 이상의 높은 농도를 나타내 상당히 높은 축적성을 보였다.

2. 年齡別

연령별에 따른 혈액, 뇨, 모발내 미량금속의 농도는 Table 5와 같으며 연령 및 居住期間과 各 試料內 金屬과의 상관관계를 Table 6에 나타내었다.

(1) 血液

Cd 및 Cu의 연령별 평균치는 전연령군에서 차이가 없었으며 Pb, Zn의 경우도 全体 시료에서는 나이의 증가에 따른 일정한 변화를 볼 수 없었으나 Pb는 흡연군에서(p<0.05) Zn은 여자군에서 나이에 따른 증가 경향을 보였다(p=0.058).

(2) 尿

尿中 Cd의 연령별 평균치는 연령의 증가에 따라 높아지는 경향을 보였다(p<0.05), Cu에서는 一定한

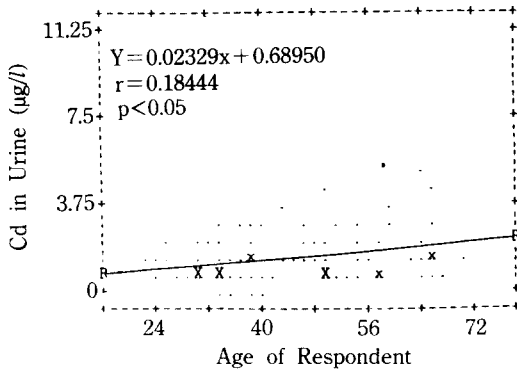


Fig. 1. Correlation between Cd in urine and age.

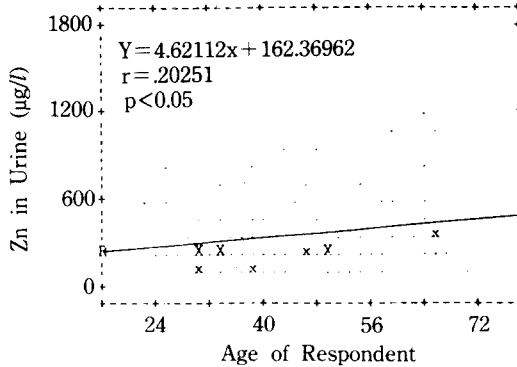


Fig. 3. Correlation between Zn in urine and age.

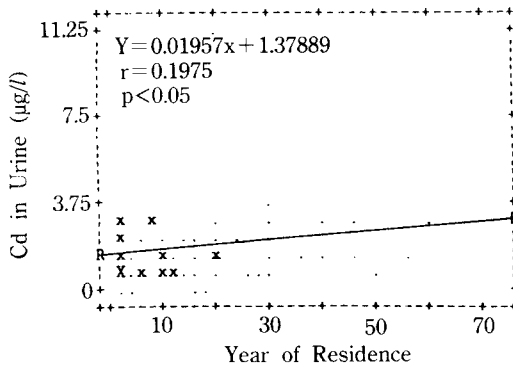


Fig. 2. Correlation between Cd in urine and period of residence in non-smoking group.

傾向을 볼 수 없었으며 Pb에서는 5% 유의수준에 들지는 않았으나 年齡의 增加에 따른 濃度の 增加傾向을 볼 수 있었다($p=0.56$). Zn에서도 Cd와 같은 傾向을 보여 30대가 $282.0 \pm 193.9 \mu\text{g/l}$, 60세 以上群이 $470.8 \pm 304.3 \mu\text{g/l}$ 로 增加傾向을 보였다($p < 0.05$). 特異한 것은 尿中 Zn에 있어, 非吸煙群이 나이와 相關을 보였으며($p < 0.05$), 남자가 여자보다 相關性이 더 있었다($p < 0.05$). Fig. 1에 全體 尿中 Cd과 나이와의 關係를, Fig. 2에 비흡연군의 尿中 Cd과 거주기간과의 關係를, 나타내었으며 Fig. 3에는 尿中 Zn로 濃도와 나이와의 關係를 나타내었다.

(3) 毛髮

Cd, Cu, Pb, Zn 모두 全體試料에서나 性別, 吸煙與否別 分類에서도 年齡과 關係를 나타내지는 않았다.

3. 居住期間別

居住期間別 血液, 尿, 毛髮 中 微量金屬濃度は Table 7과 같다.

(1) 血液

Cd의 居住期間別 平均値는 各群이 비슷한 값을 보여 居住期間에 따른 差異가 없었다. Pb, Cu, Zn도 全體試料에서 Cd와 마찬가지로 居住期間別로 差異가 없었는데 Pb에서만 性別로는 女子가, 吸煙與否別로는 非吸煙群에서 居住期間과 逆相關을 보였다($p < 0.1$).

(2) 尿

尿中 Cd의 濃도는 居住期間이 길어질수록 높아지는 傾向을 보였는데($p=0.058$), 性別로는 女子가($p < 0.1$), 吸煙與否別로는 非吸煙群이($p < 0.05$) 居住期間에 따른 增加를 보였다.

Pb, Cu, Zn은 全體試料에서 居住期間에 따른 一定한 變化를 볼 수 없었지만 Cu는 女子에서 減少傾向이 보였으며($p < 0.1$), Pb는 男子에서 增加傾向을 보였고($p < 0.1$) Zn은 非吸煙群에서 增加傾向을 보였다($p < 0.1$).

(3) 毛髮

Cd와 Cu는 居住期間別 平均値에서 일정한 傾向을 보이지 않았으며 Pb는 6~10년 군이 $12.39 \pm 10.56 \mu\text{g/g}$, 16년 이상 군이 $7.73 \pm 0.65 \mu\text{g/g}$ 으로 居住期間에 따른 減少傾向을 나타내었다($p < 0.05$). 吸煙與否別로는 非吸煙群에서 減少傾向을 보였다($p < 0.1$). Zn의 경우도 全體試料에서 역시 일정한 傾向이 나타나지 않았으나 居住期間에 따라 吸煙群에서는 正相關을($p < 0.05$), 非吸煙群에서는 逆相關을($p < 0.1$) 보였다. Fig. 4에 전체시료의 모발 중 Pb와 거주기간과의 關係를 나타내었다.

4. 吸煙與否別

吸煙與否別 血液, 尿, 毛髮 中 微量金屬의 濃度は Table 8과 같다.

(1) 血液

Table 7. Trace concentrations in samples by period of residence

(Unit : Blood µg/ml, Urine µg/l, Hair µg/g)

Period (year)	Sample	Cd	Cu	Pb	Zn
~5	Blood	0.010±0.004	0.83±0.22	0.24±0.16	5.89±1.25
	Urine	1.4±0.8	18.9±17.3	20.9±22.8	394.3±305.6
	Hair	0.43±0.48	11.15±4.58	7.98±7.56	385.5±110.9
6~10	Blood	0.008±0.004	0.83±0.16	0.22±0.12	5.69±1.51
	Urine	1.9±1.3	16.1±9.9	29.5±23.5	290.1±168.4
	Hair	0.71±0.58	11.54±5.90	12.39±10.56	395.7±105.8
11~15	Blood	0.010±0.002	0.77±0.15	0.23±0.12	5.83±1.16
	Urine	1.5±1.4	23.2±27.8	21.3±15.6	430.1±386.1
	Hair	0.47±0.65	9.50±1.96	7.45±7.89	373.1±87.7
16~	Blood	0.010±0.004	0.82±0.18	0.23±0.11	5.73±1.61
	Urine	2.0±2.1	14.6±13.5	26.2±24.8	361.3±272.5
	Hair	0.52±0.59	11.11±5.28	7.73±0.65	381.3±120.7
Total	Blood	0.010±0.003	0.82±0.11	0.23±0.13	5.78±1.43
	Urine	1.7±1.7	16.5±16.0	24.6±23.0	367.7±283.4
	Hair	0.52±0.56	11.00±4.01	8.53±7.05	383.2±110.6

Avg± Standard Deviation.

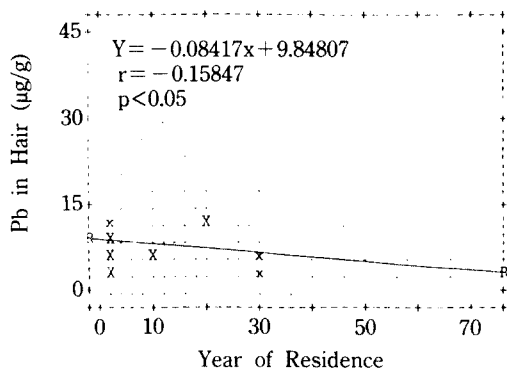


Fig. 4. Correlation between Pb in hair and period of residence.

Cd의 吸煙與否別 平均値는 吸煙群이 0.011±0.003 µg/ml, 非吸煙群이 0.009±0.003 µg/ml로 吸煙群에서 有意하게 높게 나타났다(p<0.01). Zn도 吸煙群 6.20±1.85 µg/ml, 非吸煙群 5.62±1.20 µg/ml로 平均値에서 吸煙群이 非吸煙群보다 약간 높은 傾向을 보였다(p<0.1). Cu와 Pb의 境遇 兩群間에 差가 없었는데 吸煙群의 血中 Pb만 나이와 正相關을 보였다(p<0.05). 吸煙群의 血中 Pb와 나이와의 關係를 Fig. 5에 나타내었다.

(2) 尿

Cd는 吸煙群과 非吸煙群의 比較에서 有意한 差가 없었지만 나이와의 關係에서 非吸煙群이 吸煙群 보

Table 8. Trace metal concentrations in samples by smoking

(Unit : Blood µg/ml, Urine µg/l, Hair µg/g)

Division	Sample	Cd	Cu	Pb	Zn
Smoker	Blood	0.011±0.003**	0.82±0.13	0.25±0.12	6.20±1.85*
	Urine	1.8±1.7	18.8±17.2	25.1±22.9	498.7±387.0**
	Hair	0.45±0.54	11.75±5.93	8.80±7.42	373.53±124.44
Nonsmoker	Blood	0.009±0.003	0.82±0.21	0.23±0.14	5.62±1.20
	Urine	1.7±1.5	15.6±15.5	24.4±23.2	315.3±210.9
	Hair	0.55±0.58	10.71±4.44	8.43±8.04	386.93±105.36
Total	Blood	0.010±0.003	0.82±0.11	0.23±0.13	5.78±1.43
	Urine	1.7±1.7	16.5±16.0	24.6±23.0	367.7±283.4
	Hair	0.52±0.56	11.00±4.01	8.53±7.05	383.2±110.6

*p<0.1, **p<0.01.

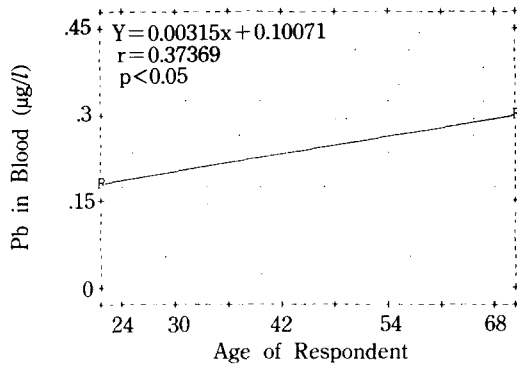


Fig. 5. Correlation between Pb in blood of smoking group and age.

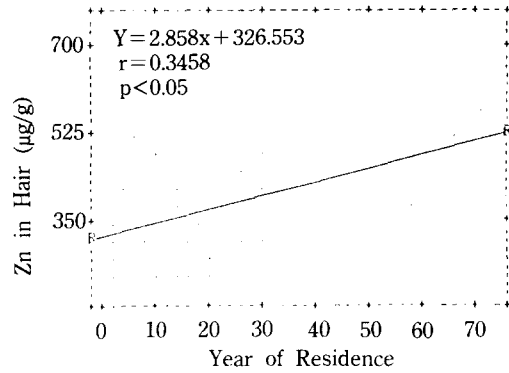


Fig. 7. Correlation between Zn in hair of smoking group and period of residence.

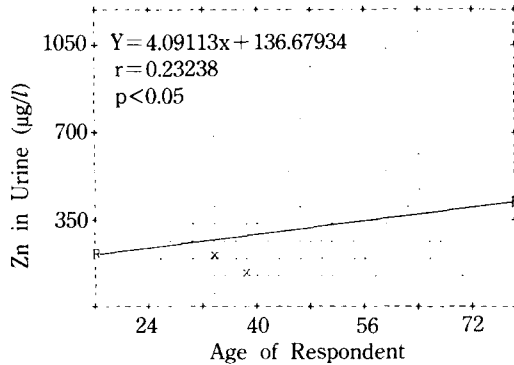


Fig. 6. Correlation between Zn in urine of non-smoking group and age.

다 關係를 나타내었다($p < 0.1$). Cu와 Pb도 兩群間的 差가 없었는데 Pb는 非吸煙群에서 나이의 增加에 따른 濃度의 增加를 보였다. Zn은 吸煙群 $498.7 \pm 387.0 \mu\text{g/l}$, 비흡연군 $315.3 \pm 210.9 \mu\text{g/l}$ 로 흡연군이 비흡연군 보다 높았고, 통계적으로 有意性도 認定되었는데($p < 0.05$) 나이의 關係에서 吸煙群은 關係를 보이지 않은 反面 非吸煙群은 正相關을 나타내었다($p < 0.05$). Fig. 6에 비흡연군의 尿中 Zn과 나이의 關係를 나타내었다.

(3) 毛髮

Cd, Cu, Pb, Zn 어느 金屬도 吸煙群과 非吸煙群間的 差를 보이지 않았으며 나이와도 吸煙, 非吸煙群의 어떤 金屬도 關係를 보이지 않았는데, 住居期間과의 關係에서는 Pb가 全體試料에서 逆相關을 보였고($p < 0.05$), 非吸煙群에서 逆相關을 보였다($p < 0.1$). Zn의 境遇 全體試料에서는 關係를 보이지 않았지만 吸煙群에서는 毛髮中 Zn과 正相關을 보인 反面($p < 0.05$) 非吸煙群에서는 逆相關을 보였다($p < 0.$

1). 전체시료의 모발 중 Pb와 거주기간과의 關係를 Fig. 4에 나타내었으며 Fig. 7에는 흡연군의 모발 중 Zn과 거주기간과의 關係를 나타내었다.

5. 金屬間的 關係

Table 9에 全體試料에서 各 金屬間的 相關을 나타내었다.

(1) 血液

血液中 Cd은 Cu-B, Cu-U와 正相關을 보였으며, 血液中 Cu는 Cd-B, Cu-H와 正相關을 보였고, 血液中 Pb는 Cu-H, Pb-H와 正相關을 보였으며, 혈액中 Zn은 Cu-U, Pb-U, Zn-U와 높은 正相關을 보였다.

(2) 尿

尿中 Cd은 Zn-U, Pb-H, Zn-H와 正相關을 나타내었고, 尿中 Cu는 Cd-B, Zn-B, Pb-U와 正相關을 보였으며, 尿中 Pb는 Zn-B, Cu-U, Zn-U, Pb-H와 正相關을 보였으며, 尿中 Zn은 Zn-B, Cd-U, Cu-U, Pb-U, Cu-H, Pb-H, Zn-H와 正相關을 보였다.

(3) 毛髮

毛髮中 Cd은 Cu-H, Pb-H, Zn-H와 正相關을 보였고, 毛髮中 Cu는 Cu-B, Pb-B, Cd-H, Pb-H, Zn-H와 正相關을 보였으며, 毛髮中 Pb은 Pb-B, Cd-U, Pb-U, Cd-H, Cu-H와 正相關을 보였고, 毛髮中 Zn은 Cd-U, Cd-H, Cu-H와 正相關을 보였다.

IV. 考 察

1. Cd

和田¹¹⁾는 正常人의 血液에서는 $0.003 \sim 0.054 \mu\text{g/ml}$, 尿에서 $0.4 \sim 2.5 \mu\text{g/l}$, 毛髮에서는 $0.41 \sim 1.5 \mu\text{g/g}$ 이라고 하였는데 本 調査值의 試料 모두가 이 範圍內에 있음을 알 수 있다.

Table 9. Correlation between metals and metals in total samples

		Blood				Urine				Hair			
		Cd	Cu	Pb	Zn	Cd	Cu	Pb	Zn	Cd	Cu	Pb	Zn
Blood	Cd												
	Cu	.1823 (107) p=.030											
	Pb												
	Zn			-.1368 (107) p=.080									
Urine	Cd												
	Cu	.4888 (100) p=.000		.1646 (100) p=.051	.2000 (100) p=.023	.1304 (104) p=.093							
	Pb			.1385 (100) p=.085	.2697 (100) p=.003		.1661 (105) p=.045						
	Zn			.1548 (100) p=.062	.4472 (100) p=.000	.3024 (104) p=.001	.3369 (105) p=.000	.3361 (105) p=.000					
Hair	Cd			.1585 (106) p=.052		.1414 (104) p=.076							
	Cu		.2129 (107) p=.014	.2129 (107) p=.014					.3042 (115) p=.000				
	Pb			.1911 (107) p=.024		.1799 (104) p=.034		.1728 (105) p=.039	.4575 (115) p=.000	.2817 (116) p=.001			
	Zn	-.1253 (107) p=.099		.1459 (107) p=.067		.1916 (104) p=.026			.1952 (115) p=.018	.3829 (116) p=.000			

Tokyo에 거주하는 609명을 대상으로 尿中 Cd농도를 조사한 Tsuchiya^{12, 47)}의 보고에 의하면 나이의 증가에 따라 Cd濃도가 높아지는 傾向을 보였는데, 본 研究에서도 이러한 傾向이 나타났으며(p<0.05), 全體平均値에서는 Tsuchiya의 調査値와 동일한 1.7 µg/l로 나타났다.

尿에 반해 血液, 毛髮에서는 나이에 따른 變化를 볼 수 없었으며, 居住期間에 따른 變化에 있어서도 尿에 있어서만 一定한 變化를 볼 수가 있었고 血液, 毛髮에서는 이런 傾向을 보이지 않는 것으로 미루어

Cd의 暴露指標로서 血液이나 毛髮보다도 尿中の Cd濃도가 더욱 敏感한 指標가 되는 것으로 생각된다. 실제로 加藤孝之 등¹³⁾과 石崎有信 등¹⁴⁾이 행한 이따이이따이病 患者에 대한 研究에서도 血液에서는 各種 血液 化學値를 分析하였을 뿐 Cd은 尿에서만 分析하여 報告하였다.

石崎¹⁴⁾는 이따이이따이病 男子 患者의 尿에서 10.4 ± 1.0 µg/l의 Cd과 要觀察者에서 13.7 ± 1.4 µg/l의 Cd, 그리고 당시의 非汚染地域의 男子 住民에서 4.4 ± 0.4 µg/l의 Cd을 보고하였으며, 女子 患者의 尿에

서는 15.0 $\mu\text{g/l}$, 要觀察者에서 18.5 \pm 5.6 $\mu\text{g/l}$, 非汚染地域의 女子 住民에서 3.8 \pm 0.6 $\mu\text{g/l}$ 로 報告하였는데 加藤¹³⁾ 등은 이따이이따이病 患者의 尿에서의 Cd 濃度を 4.2~33.0 $\mu\text{g/日}$ 이라고 報告하였다.

2. Cu

血中 Cu에 대해 Sumino¹¹⁾는 1.1 $\mu\text{g/ml}$, 和田¹¹⁾는 1.33~1.78 $\mu\text{g/ml}$ 라 하였는데, 不破¹⁵⁾는 1.0~1.5 $\mu\text{g/ml}$ 라 하였다. Underwood¹⁶⁾는 血清中 Cu농도에 대해, 正常人의 男子가 1.1 \pm 0.12 $\mu\text{g/ml}$, 여자가 1.23 \pm 0.16 $\mu\text{g/ml}$ 일 때, 妊産婦의 경우 2.69 \pm 0.49 $\mu\text{g/ml}$, 感染症 1.67 $\mu\text{g/ml}$, 急性白血病 2.36 $\mu\text{g/ml}$, Hodgkin病 1.42 $\mu\text{g/ml}$, Wilson病 0.79 $\mu\text{g/ml}$ 라고 하였다.

正常人의 1日 Cu吸收量 0.6~1.6 mg 중 90% 以上이 膽汁中으로, 其他 少量이 尿(0.01~0.06 mg), 腸管(0.1~0.3 mg), 月經血(0.02 mg), 母乳, 땀 등으로 排泄되는데^{11, 15, 17)} 土屋¹⁷⁾는 尿中 Cu의 범위를 0.039~0.296 $\mu\text{g/ml}$ 라 하였으며, 毛髮에 대해 和田¹¹⁾는 17~31 $\mu\text{g/g}$ 이라 하였다.

3. Pb

Pb의 正常值에 대해 和田¹¹⁾는 世界 14개국에서 수집한 801件의 試料를 同一 檢査所에서 測定한 結果로 血液 0.15~0.62 $\mu\text{g/ml}$, 뇨는 9.1~23.7 $\mu\text{g/l}$ 라 하였다.

Claeys 등¹⁸⁾은 一般住民의 血中 Pb에 대해 1981년과 1983년 데이타로 각각 Malta 307 \pm 119 $\mu\text{g/l}$ 와 243 \pm 70 $\mu\text{g/l}$, Mexico 269 \pm 77 $\mu\text{g/l}$ 와 195 \pm 48 $\mu\text{g/l}$, Belgium 165 \pm 39 $\mu\text{g/l}$ 와 137 \pm 19 $\mu\text{g/l}$ 로 보고하였다.

血液中の Pb는 현재로서는 Pb暴露와 沈着의 가장 좋은 지표가 되고 있다고 한다.¹⁷⁾

한편, 여러 報告에서, 單位 重量當 卹, 血液, 尿를 포함해서 다른 臟器보다도 毛髮이 Pb를 잘 反映하고 있다고 하는데, 健康人에서의 毛髮中 Pb濃度は 卹에 비해 2~5배 정도 濃도가 높으며, 血液보다도 10~15배, 尿보다도 100~500배나 높다고 한다.¹⁹⁾ 毛髮中 正常 Pb 濃도에 대해서는 飲食, 環境에 따라 큰 差異가 있겠으나 和田¹¹⁾에 의하면 2~284 $\mu\text{g/g}$ 이라고 한다.

그러나 卹속의 Pb는 年齡의 增加와 함께 增加하지만 毛髮中の Pb는 그렇지 않다고 알려져 있다.

4. Zn

毛髮과 血清中 Zn은 태어난 直後는 成人 水準이지만 그 후 急速히 低下하여 成人水準으로 되돌아

가는데는 血清에는 約 2年, 毛髮에서 約 13年이 걸린다고 한다.¹¹⁾

和田는 正常人의 血液 5.45~7.34 $\mu\text{g/ml}$, 毛髮 170~260 $\mu\text{g/g}$, 尿는 300~800 $\mu\text{g/l}$ 라 하였으며, 日本의 鎌倉은²⁰⁾ 毛髮中 Zn 含量을 男子가 72~220 ppm, 女子가 80~320 ppm으로 報告한 바가 있으며, 冨 등²¹⁾에 의하면 우리나라의 男子는 54.6~343.0 ppm, 女子는 38.24~614.71 ppm으로 統計의 意하게 男子보다 女子가 높다고 報告한 바 있다.

V. 結 論

本 研究는 環境疫學調査時 利用이 가능한 人體試料의 特性을 살피고자 点汚染源으로서 어느 制限소를 선정, 그 인근에 거주하며 직업적으로 비폭로 집단인 주민들을 대상으로 血液, 尿, 毛髮을 채취하여 主暴露物質인 微量金屬의 暴露程度와 吸煙, 居住期間, 年齡 등 個人的 特性에 따른 試料別 特性을 把握하여 본 바, 그 結果는 다음과 같다.

1. 血液中 微量金屬의 濃度は Cd 0.010 \pm 0.003 $\mu\text{g/ml}$, Cu 0.82 \pm 0.11 $\mu\text{g/ml}$, Pb 0.23 \pm 0.13 $\mu\text{g/ml}$, Zn 5.78 \pm 1.43 $\mu\text{g/ml}$ 였다.

2. 尿中 微量金屬의 濃度は Cd 1.7 \pm 1.7 $\mu\text{g/l}$, Cu 16.5 \pm 16.0 $\mu\text{g/l}$, Pb 24.6 \pm 23.0 $\mu\text{g/l}$, Zn 367.7 \pm 283.4 $\mu\text{g/l}$ 였다.

3. 毛髮 中 微量金屬의 濃度は Cd 0.52 \pm 0.56 $\mu\text{g/g}$, Cu 11.00 \pm 4.01 $\mu\text{g/g}$, Pb 8.53 \pm 7.05 $\mu\text{g/g}$, Zn 383.23 \pm 110.56 $\mu\text{g/g}$ 였다.

4. 性別間 比較에서, 男子의 경우 血中 Zn(p<0.05), 尿中 Zn(p<0.01)에서 女子보다 더 높게 나타났으며, 女子의 경우 毛髮中 Cd(p<0.05), Zn(p<0.05)에서 男子보다 높게 나타났다.

5. 年齡과의 關係에서는 全體 試料에서 尿中 Cd, Pb와 Zn이 正相關을 보였다(p<0.05).

6. 居住 期間과의 關係에서는 全體 試料에서 尿中 Cd은 正相關을 보였고(p<0.1), 毛髮中 Pb은 逆相關을 보였다(p<0.05).

7. 吸煙과의 관계에서 血液의 경우 Cd(p<0.1)과 Zn(p<0.1)에서, 尿의 경우 Zn(p<0.1)에서 吸煙群이 非吸煙群 보다 濃도가 높았으며, 血中 Pb은 吸煙群에서, 尿中 Cd(p<0.1), Pb(p<0.1), Zn(p<0.05)은 非吸煙群에서 年齡과 正相關을 보였고, 非吸煙群의 血液中 Pb, 毛髮中 Pb, Zn이 居住 期間과 逆相關을 보인 반면, 非吸煙群의 尿中 Cd(p<0.05), Zn(p<0.1)과 吸煙群의 毛髮中 Zn(p<0.05)이 居住期間과 正相關을 보였다.

8. 金屬間의 相關을 볼 때, 主要 製鍊金屬인 Zn의 경우, 血液中 Zn은 尿中 Cu, Pb, Zn과 正相關을 보였으며, 尿中 Zn은 血液中 Zn과 尿中 Cd, Cu, Pb 그리고 毛髮中 Pb과 正相關을 보였고, 毛髮中 Zn은 尿中 Cd, 毛髮中 Cd, Cu와 正相關을 보였다.

9. 人體試料를 利用한 微量金屬의 暴露에 대한 環境 疫學調査 時, 他試料보다 尿에서 더 敏感한 反應을 보였으며, 毛髮에서는 相當한 蓄積性을 보여 個人에 있어서는 尿가, 集團에 대한 모니터링에서는 毛髮이 매우 有用한 試料로 活用될 수 있을 것으로 尙料되었다.

參考文獻

- 1) Sumino, K., Hayakawa, K., Shibata, T. and Kitamura, S., Heavy Metals in Normal Japanese Tissues, *Archiv. Environ. Health*, **30**, 487-494 (1975).
- 2) Klavay, L. M., Hair as a Biopsy Material. III. Assessment of Env. Lead Exposure, *Archiv. Environ. Health*, **26**, 169-173 (1973).
- 3) Hecker, L. H., Allen, H. E., Dinman, B. D. and Neel, J. V., Heavy Metal Levels in Acculturated and Unacculturated Populations, *Archiv. Environ. Health*, **29**, 181-185 (1974).
- 4) Barry, P. S. I., Lead Levels in Blood, *Nature* **258**, 775 (1975).
- 5) Bogden, J. D., Singh, N. P. and Joselow, M. M., Cd, Pb, Zn Concentrations in Whole Blood Samples of Children, *Environ. Sci. and Technol.* **8**, 740-744 (1974).
- 6) Kahn, H. L. and Severstyen, J. S., Determination of Lead in Blood and Urine by Atomic Absorption Spectrophotometry with the Sampling Boat System, *Atomic Absorption Newsletter*, **9**, 33-39 (1970).
- 7) 高富英任 外, 對馬佐須地區住民의 尿中カドミウム

- 排泄量, 衛生化學, **18**, 41-46 (1972).
- 8) 山口誠哉, 環境疫學, 技報堂, 37-50 (1987).
- 9) P 郡廳, P 郡統計年報, 1987.
- 10) 環境廳, 環境汚染公定試驗法, 1982.
- 11) 和田攻, 金屬とヒト, 朝倉書店, 82-114, 236-258 (1985).
- 12) Tsuchiya, K. et al., Epidemiological Studies on Cadmium in the Environment in Japan, *Federation Proceedings*, **35**, 12 (1976).
- 13) 加藤孝之 外, 富山縣のイタイイタイ病患者の追跡調査(第1報) 昭和50年度短期入院檢査現狀把握, 日本公衆衛生協會刊 環境保健レポート, 1-10, 1976.
- 14) 石崎有信 外, イタイイタイ病患者, 要觀察者に關する臨床化學的研究, 日本公衆衛生協會刊 環境保健レポート, 11-15, 1976.
- 15) 不破敬一郎, 生體と重金屬, 講談社, 1-32, 1982.
- 16) Underwood, E. J., Trace Elements in Human and Animal Nutrition, Academic Press, 1975.
- 17) 土屋健三郎, 金屬中毒學, 醫齒藥出版社, 9-28, 373-384 (1980).
- 18) Claeys-Thoreau, F., Thiessen, L., Bruaux, P., Duffre, G. and Verduyn, G., Assessment and Comparison of Human Exposure to Lead between Belgium, Malta, Mexico and Sweden, *Int. Arch. Occup. Health*, **59**, 31-41 (1987).
- 19) Hammer, D. I., Finklea, J. F., Hendricks, R. H., Shy, C. M. and Horton, R. J. M., Trace Elements in Human Hair as a Simple Epidemiologic Monitor of Environmental Exposure. *Am. J. Epidemiol.* **93**, 84-92 (1974).
- 20) 鎌倉光宏, A Study of the Characteristics of Trace Elements in the Hair of Japanese, *Japanese Journal of Hygiene*, **38**, 5 (1983).
- 21) 曹允承, 金大善, 趙幸弘, 韓國人 毛髮中의 微量金屬含量에 關한 研究, 大韓衛生學會誌 **3**, 75-85 (1988).

(Received August 15, 1992)