

特定地域 韓牛의 微量金屬
暴露度에 關한 調查研究

曹允承 · 崔光洙

Determination of Trace Metals in Tissue of Cattle in Selected Areas

Yun-syng Cho, Kwang-soo Choi

Department of Environmental Health Research

National Institute of Environmental Research

Abstract

Measurements of kidney, liver, lung along with blood trace metal levels were obtained in 20 exposed and 40 control cattle.

The level of cadmium, mercury and arsenic were the highest in the kidney while copper, lead and zinc concentrations were the highest in the liver.

Statistically significant correlation between the kidney and the liver were found for cadmium, copper, zinc, mercury and arsenic.

No significant differences were observed between the area, sex and age in this study.

The levels found were generally within the ranges compared with those found in similar studies in and outside.

I. 緒 論

環境汚染物에 對한 哺乳動物의 被害는 種屬에 따라 相異하나 汚染實相을 把握하는 主要 指標가 된다.

1952年 12.5 ~ 9 런던 스모그로 大慘事가

發生한 當時 展示되었던 350마리의 소(牛)中에서 52마리가 甚한 被害를 입었고 그중 5마리가 죽었으며 9마리는 屠殺되었다. 그러나 同一場所에 있었던 羊과 돼지는 被害가 없었으며 輸送中인 말도 被害가 없었다고 한다.

1902年 美몬타나州 아나콘다의 銅製鍊所에서 15마일이나 떨어진 距離에서 3,500마

리의 羊떼가 排出된 砒素에 汚染된 牧草를 먹고 그중 625마리가 죽었으며 1955年 독일의 鉛·亞鉛의 두製造工場에서 排出된 汚染物質의 영향으로 3마일 以內的 소·말이 大部分 廢疾化되어 屠殺할 수 밖에 없었다는 事件도 발생하였다.

또 다른 關心事는 食物連鎖의 觀點에서도 疎忽히 할 수 없으며 이들의 生活環境이 多小間 사람의 境遇와 類似하다는 事實과 소고기의 消費量이 增大되고 있다는 점이다.

本 調査는 特定 農村地域의 韓牛를 對象으로 有害物質의 暴露度를 臟器와 血液을 中心으로 比較分析하여 汚染物質別 標的臟器와 各要因과의 相關性을 究明하고자 試圖하였다.

II. 調査內容 및 方法

本 調査는 忠南 舒川郡(汚染地域)과 忠北 報恩郡(對照郡^A) 그리고 江原道 三陟·橫城郡(對照郡^B)內的 韓牛를 對象으로 主要 臟器인 肝臟, 腎臟, 肺臟 그리고 血液中の Cd, Cu, Pb, Zn, Hg, As를 分析하였다.

韓牛의 特性을 보면 Table 1. 에서와 같이 年齡別로는 2才未滿群이 44마리, 2才以上群이 16마리였고 飼育地別로는 舒川 報恩 三陟·橫城地域이 각각 20마리로서 總 60마리를 對象으로 하였다.

Table 1. Characteristics of cattle

Area	Age		Number	%
	Less than 2 years	More than 2 years		
Seocheon	12	8	20	33.33
Bocun	12	8	20	33.33
Hweongseong, Samcheog	20		20	33.33
Total	44	16	60	

가. 試料採取

3個屠殺場에서 마리당 肝臟, 腎臟, 肺臟을 各各 100~300g씩 採擇한 即時 各項目에 따라 總水銀分析用試料 10g, 砒素分析用試料 20g, 카드뮴, 銅, 鉛, 亞鉛分析用 10g씩을 正確히 秤量하여 臟器別로 別途의 試料容器에 採取하였고 血液은 15ml씩 3個를 disposable syringe로 vacutainer에 採取하여 實驗室에 옮겨 HNO₃ 10ml를 넣어 分析用試料로 使用하였다.

나. 分析方法

1) 總水銀分析

試料(臟器 10g, 血液 15ml)를 목긴三角 flask에 넣은 후 窒酸 10ml, 黃酸 10ml를 넣고 加熱板(hot plate)上 200℃에서 充分히 加熱²⁾³⁾⁴⁾한 다음 環境汚染公定試驗法¹⁾에 따라 分解된 溶液을 原子吸光光度計(atomic absorption spectrophotometer: Perkin Elmer 372型, 波長 253.7nm)와 水銀還元氣化裝置(Parkin Elmer型)를 使用하여 標準溶液의 吸光度를 測定하여 檢量線을 作成하고 여기에 試料溶液의 吸光度를 測定하여 總水銀含量을 計算하였다.

2) 砒素分析

試料(臟器 20g, 血液 15ml)를 Kjeldahl flask에 넣은 후 窒酸 10ml, 黃酸 3ml, 過鹽素酸 5ml를 넣고 石綿上에서 서서히 加熱하여 白煙發生이 될때까지 分解 후 2% Ammonium Oxalate 20ml를 넣어 濕式分解²⁾³⁾⁴⁾한 다음 環境汚染公定試驗法¹⁾에 따라 砒素試驗裝置의 比化수소 발생병에서 發生된 比化수소를 Ag-DDTC, pyridin溶液에 吸收시켜 그 溶液을 spectrophotometer(Varian DMS 90型, 波長 530nm)를 使用하여 標

準溶液의 吸光度를 測定하여 檢量線을 作成하고 여기에 試料溶液의 吸光度를 測定하여 砒素含量을 計算하였다.

3) 카드뮴, 銅, 鉛, 亞鉛分析

試料(臟器 10 g, 血液 15 ml)를 Kjeldahl flask에 넣은 후 黃酸 3 ml, 窒酸 10 ml, 過鹽素酸 5 ml를 넣고 石綿上에서 서서히 加熱하여 白煙發生이될때까지 濕式分解²⁾³⁾⁴⁾한 다음 環境汚染公定試驗法¹⁾에 따라 分解된 溶液을 原子吸光光度計(atomic absorption spectrophotometer: Perkin Elmer 372型, 波長 Pb-283.3 nm, Cd-228.3 nm, Cu-324.7 nm, Zn-213.9 nm)를 使用하여 測定分析하였다.

III. 調查結果

1. 地域別

가) 腎臟

舒川地域, 報恩地域, 橫城·三陟地域 韓牛 腎臟內 微量金屬 濃度는 Table 2와 같다. 各 微量金屬別 平均値는 Cd의 境遇 舒川이 0.457 μ g/g, 報恩이 0.388 μ g/g, 橫城·三陟이 0.223 μ g/g으로 舒川에서 높은 값을 보였다.

Pb는 舒川이 0.674 μ g/g, 報恩이 0.660 μ g/g, 橫城·三陟이 0.823 μ g/g으로 舒川과 報恩이 비슷한 값을 보였다.

Cu는 舒川이 2.975 μ g/g, 報恩이 3.558 μ g/g, 橫城·三陟이 4.383 μ g/g으로 橫城·三陟에서 높은 값을 보였고, Zn은 舒川에서 16.180 μ g/g, 報恩이 17.065 μ g/g, 橫城·三陟이 18.146 μ g/g으로 3個地域이 비슷한 값을 보였으며, Hg는 舒川이 0.020 μ g/g,

報恩이 0.028 μ g/g, 橫城·三陟이 0.021 μ g/g으로 舒川과 橫城·三陟이 비슷한 값을 보였다.

As는 舒川이 0.072 μ g/g, 報恩이 0.037 μ g/g, 橫城·三陟이 0.043 μ g/g으로 舒川에서 높은 값을 보였고 地域間에 差가 있었다.

나) 肝臟

肝臟內 微量金屬 濃度는 Table 3과 같다. 各 微量金屬別 平均値는 Cd의 境遇 舒川이 0.040 μ g/g, 報恩이 0.073 μ g/g, 橫城·三陟이 0.051 μ g/g으로 報恩에서 높은 값을 보였다.

Pb는 舒川이 1.053 μ g/g, 報恩이 0.500 μ g/g, 橫城·三陟이 0.810 μ g/g으로 舒川에서 높은 값을 보였다.

Cu는 舒川이 6.345 μ g/g, 報恩이 9.174 μ g/g, 橫城·三陟이 14.452 μ g/g으로 橫城·三陟에서 높은 값을 보였고 地域間에 差가 있었다.

Zn은 舒川이 27.286 μ g/g, 報恩이 28.832 μ g/g, 橫城·三陟이 35.296으로 橫城·三陟에서 높은 값을 보였으며 Hg는 舒川이 0.006 μ g/g, 報恩이 0.008 μ g/g, 橫城·三陟이 0.008 μ g/g으로 3個地域이 비슷한 값을 나타냈다.

As는 舒川이 0.039 μ g/g, 報恩이 0.044 μ g/g, 橫城·三陟이 0.059 μ g/g으로 舒川과 報恩이 비슷한 값을 보였다.

다) 肺臟

肺臟內 微量金屬 濃度는 Table 4와 같다. 各 微量金屬別 平均値는 Cd의 境遇 舒川이 0.009 μ g/g, 報恩이 0.049 μ g/g, 橫城·三陟이 0.015 μ g/g으로 報恩에서 높은 값을 보였고 地域間에 差가 있었다.

Table 2. Trace metal concentrations in Kidney of Korean cattle by area

(unit: $\mu\text{g/g}$)

area	metal statistics	Cd	Cu	Pb	Zn	Hg	As
		Seo Cheon	M \pm S.D Range Median	0.457 \pm 0.786 0.400-3.460 0.185	2.975 \pm 0.510 2.260-3.940 2.770	0.674 \pm 0.314 0.230-1.490 0.680	16.180 \pm 3.347 12.280-27.220 15.535
Boeun	M \pm S.D Range Median	0.388 \pm 0.492 0.090-2.220 0.210	3.558 \pm 0.545 2.100-4.260 3.690	0.660 \pm 0.284 0.200-1.100 0.650	17.065 \pm 3.413 12.890-29.280 16.320	0.028 \pm 0.023 0.005-0.089 0.022	0.037 \pm 0.045 0.005-0.180 0.020
Hweong Seong Sam Cheog	M \pm S.D Range Median	0.223 \pm 0.126 0.030-0.520 0.200	4.383 \pm 0.764 3.670-7.160 4.180	0.823 \pm 0.396 0.450-2.250 0.760	18.146 \pm 4.096 9.800-28.100 18.240	0.021 \pm 0.010 0.003-0.039 0.021	0.043 \pm 0.036 0.010-0.170 0.035

M \pm S.D: Mean \pm Standard Deviation

Table 3. Trace metal concentrations in Liver

(unig: $\mu\text{g/g}$)

area	metal statistic	Cd	Cu	Pb	Zn	Hg	As
		Seo Cheon	M \pm S.D Range Median	0.040 \pm 0.038 0.005-0.160 0.030	6.345 \pm 6.046 1.190-19.450 2.970	1.053 \pm 2.245 0.160-10.490 0.530	27.286 \pm 6.514 20.520-50.760 25.340
Boeun	M \pm S.D Range Median	0.073 \pm 0.091 0.020-0.430 0.050	9.174 \pm 8.709 1.120-22.750 3.570	0.500 \pm 0.481 0.100-1.900 0.350	28.832 \pm 6.870 19.540-45.250 26.760	0.008 \pm 0.007 0.0005-0.023 0.006	0.044 \pm 0.053 0.005-0.210 0.025
Hweong Seong Sam Cheog	M \pm S.D Range Median	0.051 \pm 0.060 0.010-0.290 0.035	14.452 \pm 11.952 2.470-44.940 11.000	0.810-0.620 0.340-3.260 0.650	35.296 \pm 8.564 19.300-52.600 34.775	0.008 \pm 0.008 0.0005-0.026 0.004	0.059 \pm 0.059 0.110-0.210 0.025

Table 4. Trace metal concentrations in Lung

(unit: $\mu\text{g/g}$)

metal statistics		Cd	Cu	Pb	Zn	Hg	As
Seo Cheon	M \pm S.D	0.009 \pm 0.005	1.163 \pm 0.249	0.413 \pm 0.192	15.579 \pm 2.268	0.002 \pm 0.001	0.028 \pm 0.023
	Range	0.005-0.030	0.780-1.770	0.080-0.750	8.930-20.020	0.0005-0.004	0.005-0.080
	Median	0.010	1.135	0.450	15.515	0.001	0.020
Boeun	M \pm S.D	0.049 \pm 0.079	1.087 \pm 0.256	0.553 \pm 0.736	14.620 \pm 1.787	0.005 \pm 0.003	0.028 \pm 0.014
	Range	0.010-0.320	0.560-1.610	0.070-3.600	10.370-16.850	0.001-0.013	0.010-0.060
	Median	0.030	1.095	0.450	15.245	0.004	0.030
Hweong Seong Sam Cheog	M \pm S.D	0.015 \pm 0.009	1.426 \pm 0.267	0.594 \pm 0.295	18.136 \pm 2.905	0.004 \pm 0.002	0.033 \pm 0.047
	Range	0.005-0.040	0.990-1.930	0.005-1.080	13.800-25.400	0.002-0.009	0.010-0.230
	Median	0.010	1.395	0.640	17.870	0.003	0.020

Table 5. Trace metal concentrations in Blood

(unit: $\mu\text{g/ml}$)

metal statistics		Cd	Cu	Pb	Zn	Hg	As
Seo Cheon	M \pm S.D	0.010 \pm 0.004	0.583 \pm 0.181	0.258 \pm 0.153	3.144 \pm 1.160	0.001 \pm 0.000	0.026 \pm 0.009
	Range	0.005-0.020	0.230-0.840	0.050-0.730	1.510-5.350	0.0005-0.002	0.010-0.040
	Median	0.010	0.580	0.265	3.070	0.001	0.030
Boeun	M \pm S.D	0.010 \pm 0.000	0.565 \pm 0.213	0.253 \pm 0.143	2.837 \pm 0.877	0.001 \pm 0.000	0.025 \pm 0.009
	Range	0.010-0.010	0.150-1.030	0.090-0.750	1.510-4.610	0.0005-0.001	0.010-0.040
	Median	0.010	0.590	0.200	2.660	0.001	0.030
Hweong Seong Sam Cheog	M \pm S.D	0.015 \pm 0.008	0.947 \pm 0.161	0.554 \pm 0.295	2.804 \pm 0.964	0.001 \pm 0.002	0.019 \pm 0.011
	Range	0.010-0.040	0.640-1.240	0.005-1.480	1.030-5.280	0.0005-0.008	0.010-0.040
	Median	0.010	0.965	0.550	2.725	0.001	0.020

Pb는 舒川이 $0.413\mu g/g$, 報恩이 $0.553\mu g/g$, 橫城·三陟이 $0.594\mu g/g$ 으로 舒川과 橫城·三陟間에 差가 있었다.

Cu는 舒川이 $1.163\mu g/g$, 報恩이 $1.087\mu g/g$, 橫城·三陟이 $1.426\mu g/g$ 으로 橫城·三陟에서 높은 값을 보였으며 Zn는 舒川이 $15.579\mu g/g$, 報恩이 $14.620\mu g/g$, 橫城·三陟이 $18.136\mu g/g$ 으로 橫城·三陟에서 높은 값을 보였고, Hg는 舒川이 $0.002\mu g/g$, 報恩이 $0.005\mu g/g$, 橫城·三陟이 $0.004\mu g/g$ 으로 나타났다.

As는 舒川이 $0.028\mu g/g$, 報恩이 $0.028\mu g/g$, 橫城·三陟이 $0.033\mu g/g$ 으로 3個地域이 비슷한 값을 보였다.

라) 血液

血液內 微量金屬 濃度는 Table 5와 같다. 各 微量金屬別 平均値는 Cd의 境遇 舒川이 $0.010\mu g/ml$, 報恩이 $0.010\mu g/ml$, 橫城·三陟이 $0.015\mu g/ml$ 으로 橫城·三陟에서 높은 값을 보였으며 Pb는 舒川이 $0.258\mu g/ml$, 報恩이 $0.253\mu g/ml$, 橫城·三陟이 $0.554\mu g/ml$ 으로 橫城·三陟에서 높은 값을 보였다.

Cu는 舒川이 $0.583\mu g/ml$, 報恩이 $0.565\mu g/ml$, 橫城·三陟이 $0.947\mu g/ml$ 으로 橫城·三陟에서 높은 값을 보였으며, Zn는 舒川이 $3.144\mu g/ml$, 報恩이 $2.837\mu g/ml$, 橫城·三陟이 $2.804\mu g/ml$ 으로 3個地域이 비슷한 값을 보였다.

Hg는 舒川, 報恩, 橫城·三陟이 $0.001\mu g/ml$ 으로 같은 값을 보였다.

As는 舒川이 $0.026\mu g/ml$, 報恩이 $0.025\mu g/ml$, 橫城·三陟이 $0.019\mu g/ml$ 으로 3個地域이 비슷한 값을 보였다.

2. 雌雄 性別 濃度

臟器에 있어서 雌雄 性別 微量金屬 濃度는 Table 6과 같다. 腎臟內 微量金屬別 平均値는 수컷에서는 Cd $0.254\mu g/g$, Pb $0.779\mu g/g$, Cu $3.778\mu g/g$, Zn $16.998\mu g/g$, Hg $0.020\mu g/g$, As $0.049\mu g/g$ 이며 암컷에는 Cd $0.662\mu g/g$, Pb $0.539\mu g/g$, Cu $3.220\mu g/g$, Zn $17.527\mu g/g$, Hg $0.031\mu g/g$, As $0.058\mu g/g$ 으로 Cd와 Hg는 암컷에서 Pb와 Cu는 수컷에서 높은 값을 보였다.

肝臟內 微量金屬別 平均値는 수컷에서는 Cd $0.047\mu g/g$, Pb $0.674\mu g/g$, Cu $11.177\mu g/g$, Zn $30.914\mu g/g$, Hg $0.006\mu g/g$, As $0.049\mu g/g$ 이며 암컷에서는 Cd $0.079\mu g/g$, Pb $1.129\mu g/g$, Cu $6.432\mu g/g$, Zn $29.143\mu g/g$, Hg $0.010\mu g/g$, As $0.042\mu g/g$ 으로 統計的으로 有意한 差가 없었다. 肺臟內 微量金屬別 平均値는 수컷에서는 Cd $0.021\mu g/g$, Pb $0.491\mu g/g$, Cu $1.259\mu g/g$, Zn $16.557\mu g/g$, Hg $0.003\mu g/g$, As $0.032\mu g/g$ 이며 암컷에서는 Cd $0.036\mu g/g$, Pb $0.609\mu g/g$, Cu $1.126\mu g/g$, Zn $14.777\mu g/g$, Hg $0.004\mu g/g$, As $0.024\mu g/g$ 으로 Zn에서 수컷이 높은 값을 보였다.

血液內 微量金屬別 平均値는 수컷에서는 Cd $0.012\mu g/ml$, Pb $0.374\mu g/ml$, Cu $0.733\mu g/ml$, Zn $2.885\mu g/ml$, Hg $0.001\mu g/ml$, As $0.022\mu g/ml$ 이며 암컷에서는 Cd $0.011\mu g/ml$, Pb $0.299\mu g/ml$, Cu $0.597\mu g/ml$, Zn $3.059\mu g/ml$, Hg $0.001\mu g/ml$, As $0.027\mu g/ml$ 으로 統計的으로 有意한 差가 없었다.

Table 6. Trace metal concentrations in organs by sex

(unit: $\mu\text{g/g}$)

sex	organ metal	♂			♀		
		M \pm S.D	Range	Median	M \pm S.D	Range	Median
Kidney	Cd	0.254 \pm 0.251	0.030-1.500	0.200	0.662 \pm 0.948	0.050-3.460	0.240
	Cu	3.778 \pm 0.853	2.260-7.160	3.780	3.220 \pm 0.664	2.100-4.260	3.170
	Pb	0.779 \pm 0.337	0.200-2.250	0.700	0.539 \pm 0.277	0.200-1.050	0.500
	Zn	16.998 \pm 3.279	9.800-28.100	16.270	17.527 \pm 4.747	13.900-29.280	15.900
	Hg	0.020 \pm 0.012	0.003-0.056	0.019	0.031 \pm 0.025	0.009-0.098	0.023
	As	0.049 \pm 0.044	0.005-0.170	0.030	0.058 \pm 0.055	0.010-0.180	0.030
Liver	Cd	0.047 \pm 0.046	0.005-0.290	0.030	0.079 \pm 0.107	0.005-0.430	0.030
	Cu	11.177 \pm 10.326	1.190-44.940	7.760	6.432 \pm 6.471	1.120-21.950	3.680
	Pb	0.674 \pm 0.550	0.100-3.260	0.560	1.129 \pm 2.604	0.100-10.490	0.400
	Zn	30.914 \pm 8.556	19.300-52.600	27.110	29.143 \pm 6.338	20.520-45.250	28.370
	Hg	0.006 \pm 0.006	0.001-0.026	0.004	0.010 \pm 0.009	0.001-0.028	0.006
	As	0.049 \pm 0.051	0.005-0.210	0.020	0.042 \pm 0.051	0.005-0.210	0.030
Lung	Cd	0.021 \pm 0.034	0.005-0.230	0.010	0.036 \pm 0.079	0.005-0.320	0.010
	Cu	1.259 \pm 0.315	0.560-1.930	1.210	1.126 \pm 0.188	0.830-1.460	1.100
	Pb	0.491 \pm 0.254	0.005-1.080	0.470	0.609 \pm 0.845	0.160-3.600	0.450
	Zn	16.557 \pm 2.825	10.370-25.400	15.800	14.777 \pm 2.139	8.930-17.780	15.120
	Hg	0.003 \pm 0.002	0.001-0.009	0.003	0.004 \pm 0.004	0.001-0.013	0.003
	As	0.032 \pm 0.034	0.005-0.230	0.030	0.024 \pm 0.019	0.005-0.080	0.020
Blood	Cd	0.012 \pm 0.006	0.005-0.040	0.010	0.011 \pm 0.004	0.005-0.020	0.010
	Cu	0.733 \pm 0.268	0.230-1.240	0.740	0.597 \pm 0.185	0.150-0.840	0.590
	Pb	0.374 \pm 0.272	0.005-1.480	0.300	0.299 \pm 0.160	0.110-0.750	0.270
	Zn	2.885 \pm 0.924	1.030-5.280	2.900	3.059 \pm 1.235	1.510-5.350	2.740
	Hg	0.001 \pm 0.001	0.001-0.008	0.001	0.001 \pm 0.000	0.001-0.001	0.001
	As	0.022 \pm 0.010	0.010-0.040	0.020	0.027 \pm 0.010	0.010-0.040	0.030

3. 나이별 濃度

犛牛 臟器에 있어서 나이群別 微量金屬 濃度는 Table 7 과 같다.

腎臟內 微量金屬別 平均値는 生後 1~24個月群에서는 Cd $0.303\mu g/g$, Pb $0.792\mu g/g$, Cu $3.771\mu g/g$, Zn $17.018\mu g/g$, Hg $0.019\mu g/g$, As $0.051\mu g/g$ 이며 25個月以上群에서는 Cd $0.501\mu g/g$, Pb $0.519\mu g/g$, Cu $3.276\mu g/g$, Zn $17.439\mu g/g$, Hg $0.032\mu g/g$, As $0.052\mu g/g$ 으로 Pb와 Cu는 1~24個月群에서 Hg는 25個月以上群에서 높은 값을 보였다.

肝臟內 微量金屬別 平均値는 1~24個月群에서는 Cd $0.047\mu g/g$, Pb $0.708\mu g/g$, Cu $11.492\mu g/g$, Zn $30.916\mu g/g$, Hg $0.006\mu g/g$, As $0.049\mu g/g$ 이며 25個月以上群에서는 Cd $0.076\mu g/g$, Pb $1.006\mu g/g$, Cu $5.862\mu g/g$, Zn $29.248\mu g/g$, Hg $0.010\mu g/g$, As $0.043\mu g/g$ 으로 Cu는 1~24個月群에서 Hg는 25個月以上群에서 높은 값을 보였다.

臟內 微量金屬別 平均値는 1~24個月群에서는 Cd $0.016\mu g/g$, Pb $0.502\mu g/g$, Cu $1.267\mu g/g$, Zn $16.447\mu g/g$, Hg $0.003\mu g/g$, As $0.033\mu g/g$ 이며 25個月以上群에서는 Cd $0.049\mu g/g$, Pb $0.571\mu g/g$, Cu $1.110\mu g/g$, Zn $15.189\mu g/g$, Hg $0.004\mu g/g$, As $0.023\mu g/g$ 으로 Cd에서 25個月以上群이 높은 값을 보였다.

血液內 微量金屬別 平均値는 1~24個月群에서는 Cd $0.012\mu g/ml$, Pb $0.383\mu g/ml$, Cu $0.743\mu g/ml$, Zn $2.893\mu g/ml$, Hg $0.001\mu g/ml$, As $0.022\mu g/ml$ 이며 25個月以上群에서는 Cd $0.011\mu g/ml$, Pb $0.277\mu g/g$,

Cu $0.576\mu g/ml$, Zn $3.027\mu g/ml$, Hg $0.001\mu g/ml$, As $0.026\mu g/ml$ 으로 Cu에서 1~24個月群이 높은 값을 보였다.

4. 臟器別 比較

臟器에 있어서 微量金屬 濃度는 Table 8 과 같다.

腎臟內 微量金屬 濃度는 Zn이 $17.130 \pm 3.663\mu g/g$ 으로 가장 높은 값을 보였고 Cu $3.639 \pm 0.840\mu g/g$, Pb $0.719 \pm 0.337\mu g/g$, Cd $0.356 \pm 0.540\mu g/g$, As $0.051 \pm 0.047\mu g/g$, Hg $0.023 \pm 0.016\mu g/g$ 으로 Hg가 가장 낮은 값을 보였다. 各 微量金屬別 濃度에 따른 頻度分布는 Fig. 1와 같다.

肝臟內 微量金屬 濃度는 Zn이 $30.471 \pm 8.045\mu g/g$ 으로 가장 높은 값을 보였고 Cu $9.990 \pm 9.682\mu g/g$, Pb $0.788 \pm 1.369\mu g/g$, Cd $0.055 \pm 0.067\mu g/g$, As $0.047 \pm 0.051\mu g/g$, Hg $0.007 \pm 0.007\mu g/g$ 으로 Hg가 가장 낮은 값을 보였다. 各 微量金屬別 濃度에 따른 頻度分布는 Fig 2와 같다.

肺臟內 微量金屬 濃度도 Zn이 $16.112 \pm 2.764\mu g/g$ 으로 가장 높은 값을 보였고 Cu $1.225 \pm 0.293\mu g/g$, Pb $0.520 \pm 0.469\mu g/g$, As $0.030 \pm 0.031\mu g/g$, Cd $0.025 \pm 0.049\mu g/g$, Hg $0.003 \pm 0.003\mu g/g$ 으로 Hg가 가장 낮은 값을 보였다. 各 微量金屬別 濃度에 따른 頻度分布는 Fig. 3과 같다.

血液內 微量金屬別 濃度는 Zn이 $2.928 \pm 1.002\mu g/ml$ 으로 가장 높은 값을 보였고 Cu $0.699 \pm 0.255\mu g/ml$, Pb $0.355 \pm 0.249\mu g/ml$, As $0.023 \pm 0.010\mu g/ml$, Cd $0.012 \pm 0.006\mu g/ml$, Hg $0.001 \pm 0.001\mu g/ml$ 으로 亦是 Hg가 가장 낮은 값을 보였다. 各 微量

Table 7. Trace metal concentrations in organs by age groups

(unit: $\mu\text{g/g}$)

organ metal age		below 24 months			over 25 months		
		M \pm S.D	Range	Median	M \pm S.D	Range	Median
Kidney	Cd	0.303 \pm 0.536	0.030-3.460	0.195	0.501 \pm 0.541	0.050-2.220	0.350
	Cu	3.771 \pm 0.876	2.260-7.160	3.895	3.276 \pm 0.622	2.100-4.260	3.320
	Pb	0.792 \pm 0.341	0.200-2.250	0.745	0.518 \pm 0.238	0.200-0.860	0.500
	Zn	17.018 \pm 3.317	9.800-28.100	16.255	17.439 \pm 4.594	13.900-29.280	15.900
	Hg	0.019 \pm 0.011	0.003-0.056	0.019	0.032 \pm 0.024	0.011-0.089	0.029
	As	0.051 \pm 0.046	0.005-0.170	0.035	0.052 \pm 0.051	0.010-0.180	0.030
Liver	Cd	0.047 \pm 0.046	0.005-0.290	0.030	0.076 \pm 0.104	0.005-0.430	0.035
	Cu	11.492 \pm 10.294	1.190-44.940	9.010	5.862 \pm 6.336	1.120-21.950	3.140
	Pb	0.708 \pm 0.547	0.100-3.260	0.605	1.006 \pm 2.538	0.100-10.490	0.345
	Zn	30.916 \pm 8.723	19.300-52.600	27.770	29.248 \pm 5.856	22.550-45.250	27.830
	Hg	0.006 \pm 0.006	0.001-0.026	0.004	0.010 \pm 0.008	0.001-0.028	0.008
	As	0.049 \pm 0.052	0.005-0.210	0.020	0.043 \pm 0.049	0.005-0.210	0.035
Lung	Cd	0.016 \pm 0.010	0.005-0.050	0.010	0.049 \pm 0.090	0.005-0.320	0.015
	Cu	1.267 \pm 0.320	0.560-1.930	1.245	1.110 \pm 0.155	0.830-1.400	1.105
	Pb	0.502 \pm 0.254	0.005-1.080	0.500	0.571 \pm 0.823	0.150-3.600	0.415
	Zn	16.447 \pm 3.072	8.930-25.400	15.900	15.189 \pm 1.330	12.310-17.780	15.245
	Hg	0.003 \pm 0.002	0.001-0.009	0.003	0.004 \pm 0.004	0.001-0.013	0.004
	As	0.033 \pm 0.035	0.005-0.230	0.025	0.023 \pm 0.013	0.005-0.050	0.020
Blood	Cd	0.021 \pm 0.006	0.005-0.040	0.010	0.011 \pm 0.003	0.010-0.020	0.010
	Cu	0.743 \pm 0.266	0.230-1.240	0.760	0.576 \pm 0.178	0.150-0.840	0.585
	Pb	0.383 \pm 0.271	0.005-1.480	0.315	0.277 \pm 0.158	0.110-0.750	0.220
	Zn	2.893 \pm 0.926	1.030-5.280	2.905	3.027 \pm 1.214	1.510-5.350	2.685
	Hg	0.001 \pm 0.001	0.001-0.008	0.001	0.001 \pm 0.000	0.001-0.002	0.001
	As	0.022 \pm 0.010	0.010-0.040	0.020	0.026 \pm 0.010	0.010-0.040	0.030

Table 8. Trace metal concentrations in organs of Korean cattle

(Unit: $\mu\text{g/g}$)

organ	metal	statistics		
		M \pm S.D	Range	Median
Kidney	Cd	0.356 \pm 0.540	0.030 - 3.460	0.200
	Cu	3.639 \pm 0.840	2.100 - 7.160	3.725
	Pb	0.719 \pm 0.337	0.200 - 2.250	0.690
	Zn	17.130 \pm 3.663	9.800 - 29.280	16.210
	Hg	0.023 \pm 0.016	0.003 - 0.089	0.020
	As	0.051 \pm 0.047	0.005 - 0.180	0.030
Liver	Cd	0.055 \pm 0.067	0.005 - 0.430	0.030
	Cu	9.990 \pm 9.682	1.120 - 44.940	6.940
	Pb	0.788 \pm 1.369	0.100 - 10.490	0.545
	Zn	30.471 \pm 8.045	19.300 - 52.600	27.830
	Hg	0.007 \pm 0.007	0.001 - 0.028	0.005
	As	0.047 \pm 0.051	0.005 - 0.210	0.025
Lung	Cd	0.025 \pm 0.049	0.005 - 0.320	0.010
	Cu	1.225 \pm 0.293	0.560 - 1.930	1.185
	Pb	0.520 \pm 0.469	0.005 - 3.600	0.450
	Zn	16.112 \pm 2.764	8.930 - 25.400	15.735
	Hg	0.003 \pm 0.003	0.001 - 0.013	0.003
	As	0.030 \pm 0.031	0.005 - 0.230	0.020
Blood	Cd	0.012 \pm 0.006	0.005 - 0.040	0.010
	Cu	0.699 \pm 0.255	0.150 - 1.240	0.700
	Pb	0.355 \pm 0.249	0.005 - 1.480	0.300
	Zn	2.928 \pm 1.002	1.030 - 5.350	2.855
	Hg	0.001 \pm 0.001	0.001 - 0.008	0.001
	As	0.023 \pm 0.010	0.010 - 0.040	0.020

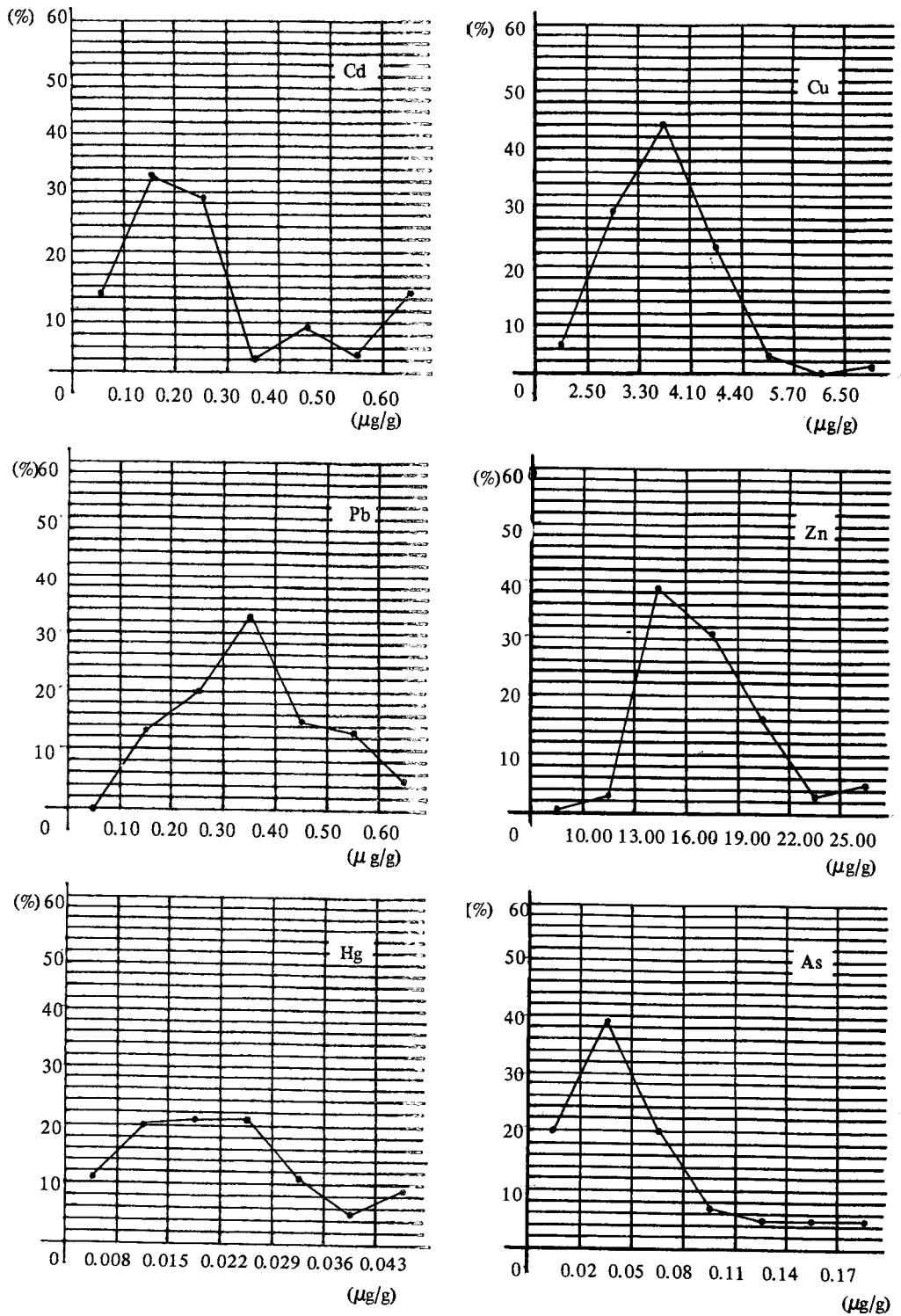


Fig. 1. Frequency polygon of heavy metal concentration in kidney

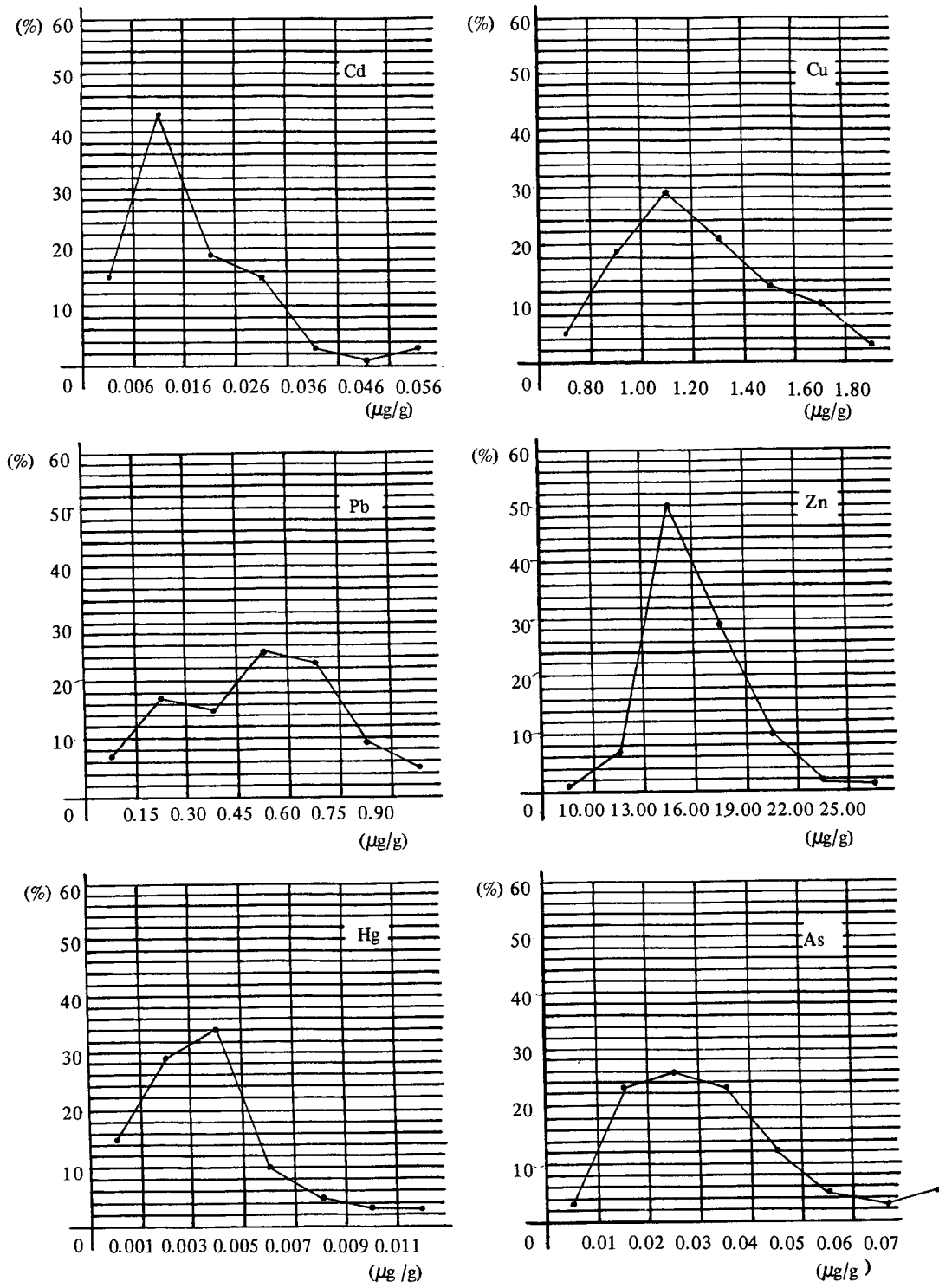


Fig. 2. Frequency polygon of heavy metal concentration in liver

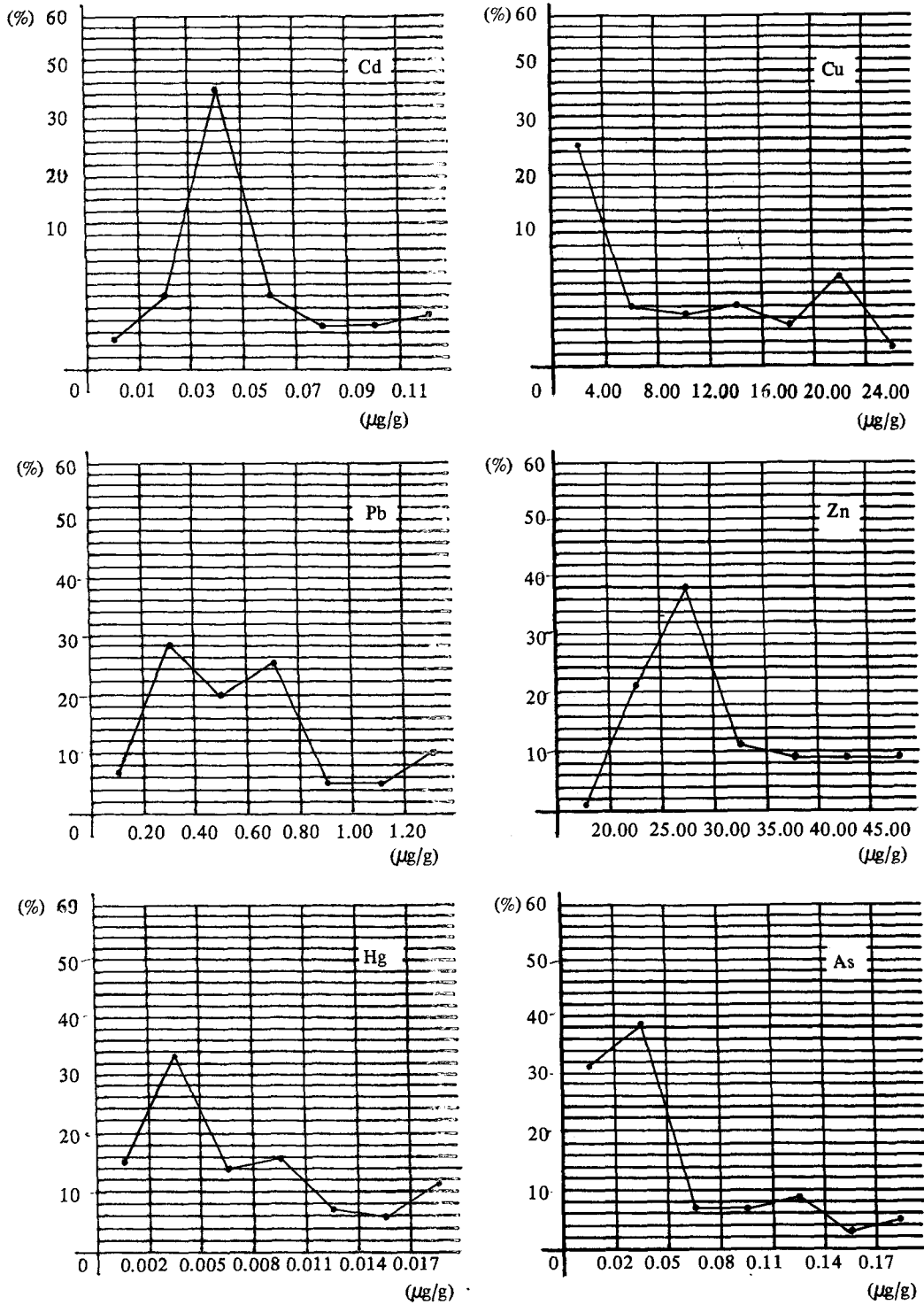


Fig. 3. Frequency polygon of heavy metal concentration in lung

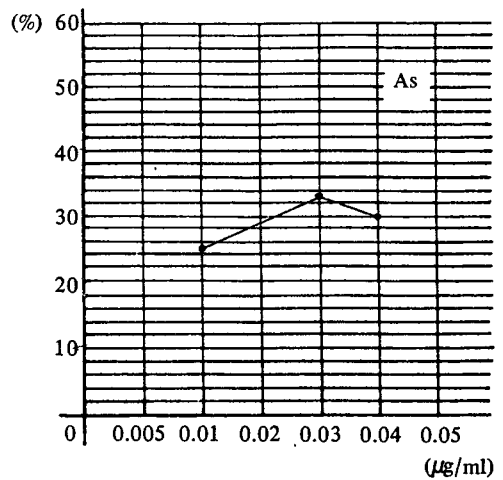
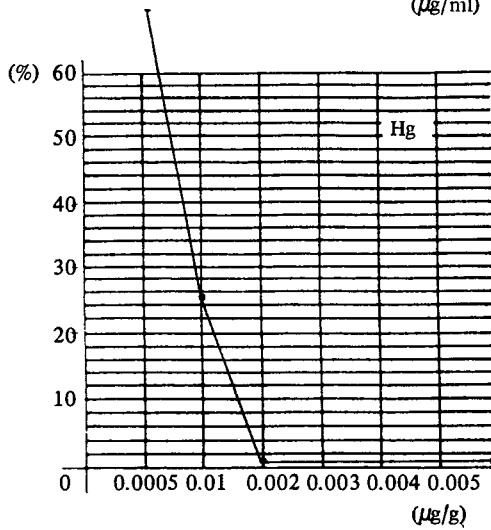
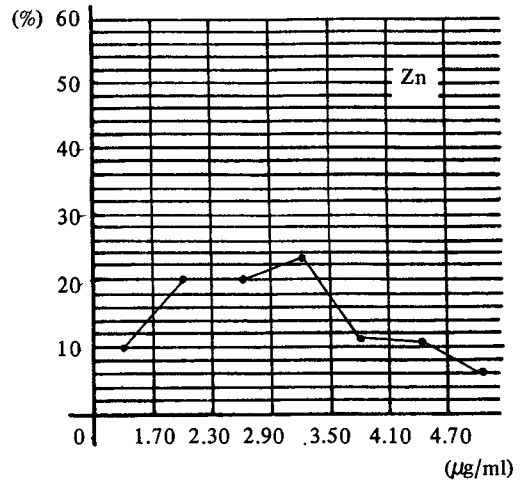
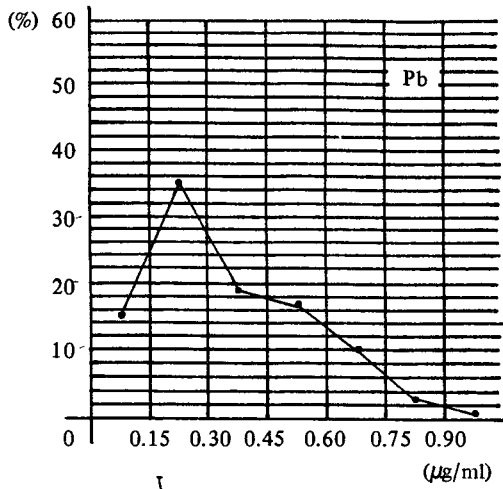
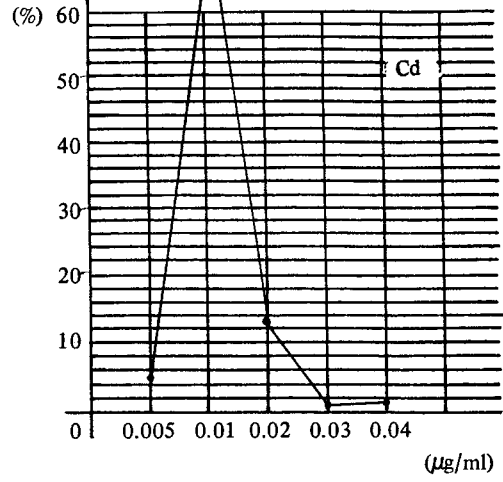
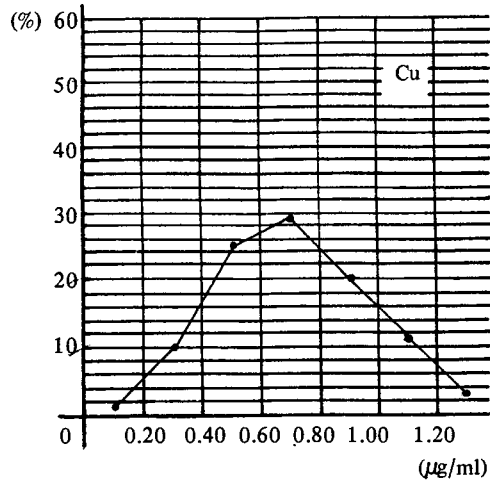


Fig. 4. Frequency polygon of heavy metal concentration in Korean cattle blood

金屬別 濃度에 따른 頻度 分布는 Fig. 4와 같다.

한편 微量金屬의 臟器內 分布 程度를 보면 Fig. 5와 같다. Cd의 濃度는 腎臟에서 $0.356 \pm 0.540 \mu g/g$ 으로 가장 높은 값을 보였고 肝臟이 $0.055 \pm 0.067 \mu g/g$, 肺臟이 $0.025 \pm 0.049 \mu g/g$, Pb의 濃度는 肝臟에서 $0.788 \pm 1.369 \mu g/g$ 으로 가장 높은 값을 보였으며 腎臟이 $0.719 \pm 0.337 \mu g/g$, 肺臟 $0.520 \pm 0.469 \mu g/g$, Cu의 濃度는 肝臟에서 $9.990 \pm 9.682 \mu g/g$ 으로 가장 높은 값을 보였고 腎臟이 $3.639 \pm 0.840 \mu g/g$, 肺

臟이 $1.225 \pm 0.293 \mu g/g$ 의 값을 보였다.

Zn의 濃度는 肝臟에서 $30.471 \pm 8.045 \mu g/g$ 으로 가장 높은 값을 보였고 腎臟이 $17.130 \pm 3.663 \mu g/g$, 肺臟이 $16.112 \pm 2.764 \mu g/g$, Hg의 濃度는 腎臟에서 $0.023 \pm 0.016 \mu g/g$ 으로 가장 높은 값을 보였으며 肝臟이 $0.007 \pm 0.007 \mu g/g$, 肺臟이 $0.003 \pm 0.003 \mu g/g$, As의 濃度는 腎臟에서 $0.051 \pm 0.047 \mu g/g$ 으로 가장 높은 값을 보였고 肝臟이 $0.047 \pm 0.051 \mu g/g$, 肺臟이 $0.030 \pm 0.031 \mu g/g$ 으로 나타났다.

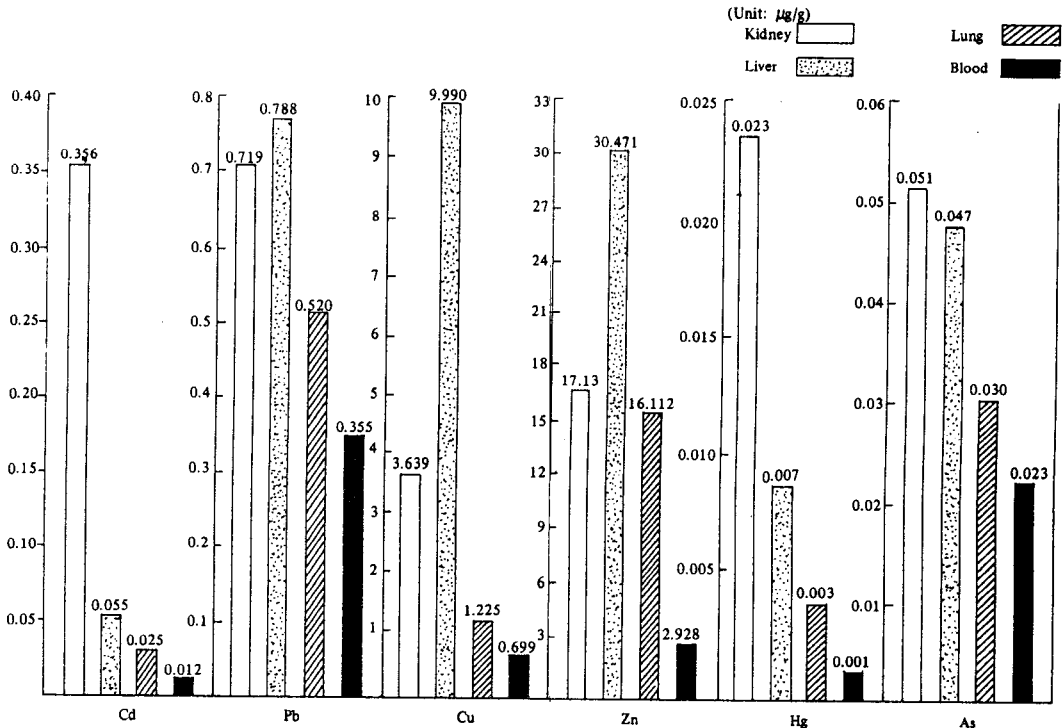


Fig. 5. Comparison of trace metal levels in organs

5. 臟器別 微量金屬間의 相關性

臟器別 各 金屬間의 相關關係는 Table 9 및 Fig 6과 같다. 이中에서 統計的으로 有意한 相關關係 ($P < 0.01$)를 나타낸 것을

보면 腎臟에서 Cd와 Hg, Cd와 As, Cu와 Zn이 肺臟에서는 Cd와 Pb, Cd와 Hg, Cu와 Zn이 血液에서는 Cd와 Pb, Cd와 Cu, Pb와 Cu가 順相關關係를 나타냈다.

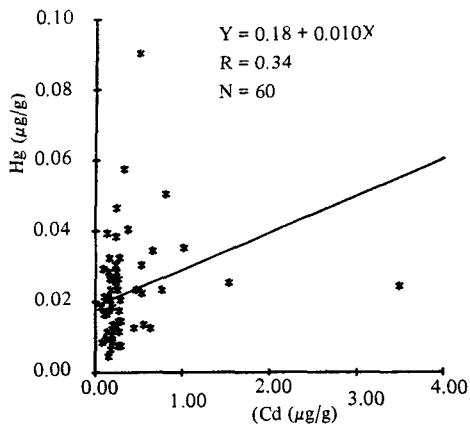


Fig. 6-1. Correlation between Cd and Hg in kidney

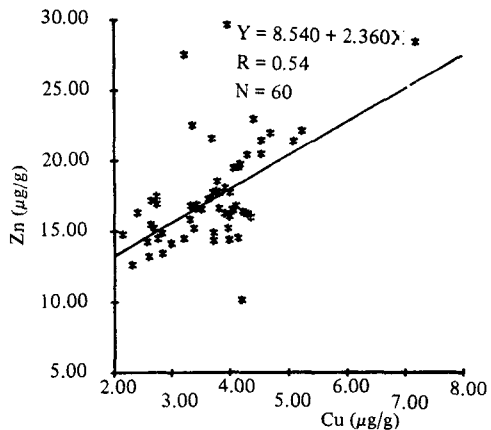


Fig. 6-2. Correlation between Cu and Zn in kidney

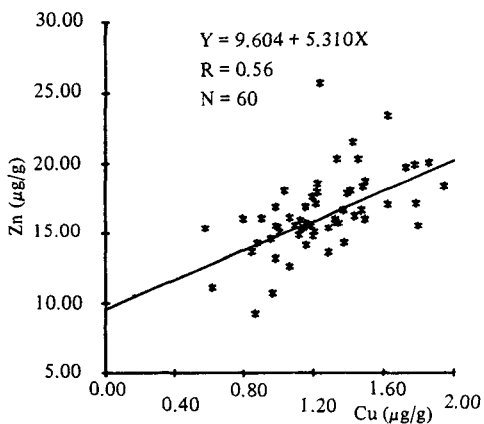


Fig. 6-3. Correlation between Cu and Zn in kung

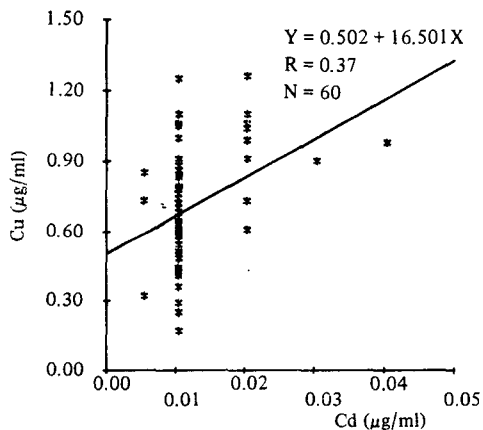


Fig. 6-4. Correlation between Cd and Cu in blood

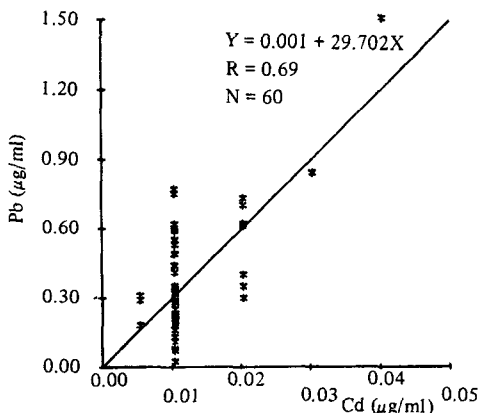


Fig. 6-5. Correlation between Cd and Pb in blood

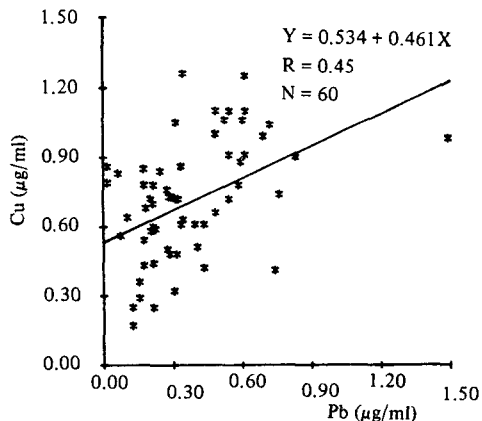


Fig. 6-6. Correlation between Pb and Cu in blood

Table 9. Correlation coefficients between metals in each organ

animals metal		Korean cattle				As
		Pb	Cu	Zn	Hg	
kidney	Cd	0.13	0.16	0.25	0.34	0.37
	Pb		0.24	0.26*	-0.18	-0.08
	Cu		0.54**	-0.22	-0.25*	
	Zn			0.08	-0.10	
	Hg				0.19	
liver	Cd	-0.03	0.09	0.12	0.14	0.05
	Pb		-0.07	0.02	-0.04	-0.06
	Cu			0.28*	-0.23	-0.13
	Zn				-0.04	0.25*
	Hg					-0.06
lung	Cd	0.68**	-0.07	-0.05	0.43**	0.02
	Pb		0.02	0.06	0.30*	0.09
	Cu			0.56**	-0.12	0.02
	Zn				-0.18	0.01
	Hg					0.00
blood	Cd	0.69**	0.37**	0.14	-0.01	0.07
	Pb		0.45**	0.08	0.07	-0.17
	Cu			0.07	0.15	-0.19
	Zn				-0.07	0.21
	Hg					-0.04

Note: *P<0.05
**P<0.01

6. 微量金屬別 臟器間的 相關性

微量金屬別 臟器間的 相關關係는 Table 10 및 Fig. 7과 같다. 이 중에서 統計的으로 有意한 相關關係를 나타낸 것을 보면 Cd는 腎臟과 肝臟에서 (P < 0.05), Cu는

腎臟과 肝臟에서 (P < 0.05), 腎臟과 肺臟, 腎臟과 血液, 肝臟과 肺臟, 肝臟과 血液, 肺臟과 血液에서 (P < 0.01) 有意한 相關關係를 보였다. Zn은 腎臟과 肝臟에서 (P < 0.01), 肝臟과 肺臟에서 (P < 0.05) 有意한 相關關係를 보였다. Hg는 腎臟과 肝臟, 腎臟과 肺臟, 肝臟과 肺臟에서 (P < 0.01), As는 腎臟과 肝臟에서 (P < 0.01) 有意한 相關關係를 보였다.

Table 10. Correlation coefficient between organs in each metals

animals organs		Korean cattle		
		liver	lung	blood
Cd	kidney	0.28*	0.00	-0.07
	liver		0.04	-0.03
	lung			-0.07
Pb	kidney	-0.11	0.20	0.12
	liver		-0.06	0.05
	lung			0.12
Cu	kidney	0.28*	0.35**	0.63**
	liver		0.48**	0.58**
	lung			0.68**
Zn	kidney	0.51**	0.03	-0.09
	liver		0.28*	0.04
	lung			0.20
Hg	kidney	0.72**	0.55**	-0.12
	liver		0.46**	-0.08
	lung			-0.10
As	kidney	0.42**	-0.02	0.09
	liver		-0.04	0.01
	lung			-0.15

Note: * P<0.05
** P<0.01

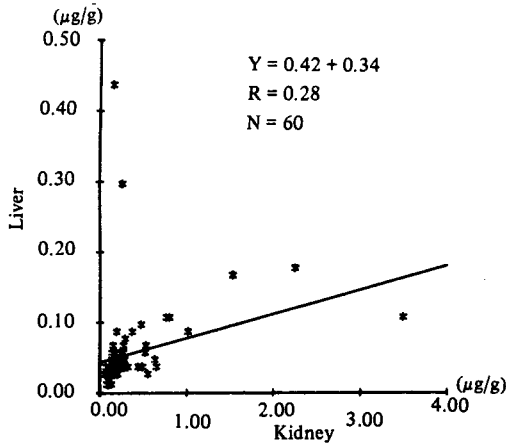


Fig. 7-1. Correlation between Kidney and Liver in Cd

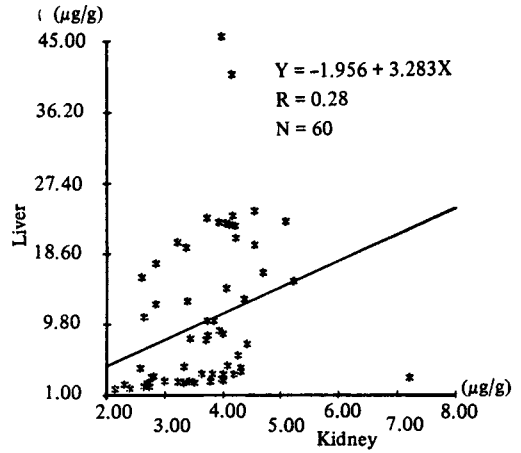


Fig. 7-2. Correlation between Kidney and Liver in Cu

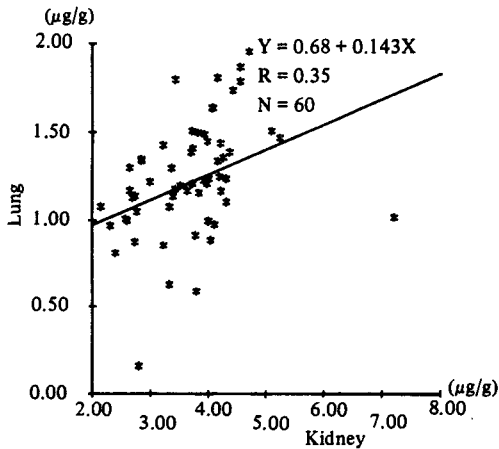


Fig. 7-3. Correlation between Kidney and Lung in Cu

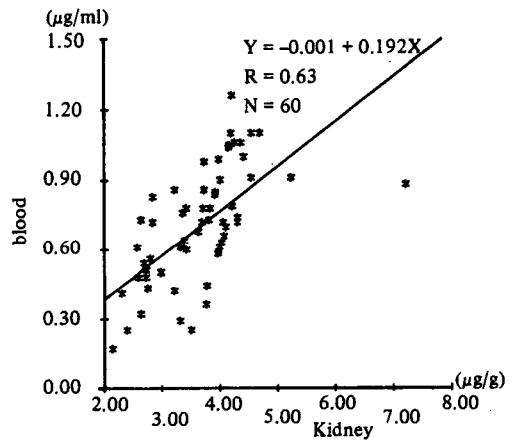


Fig. 7-4. Correlation between Kidney and blood in Cu

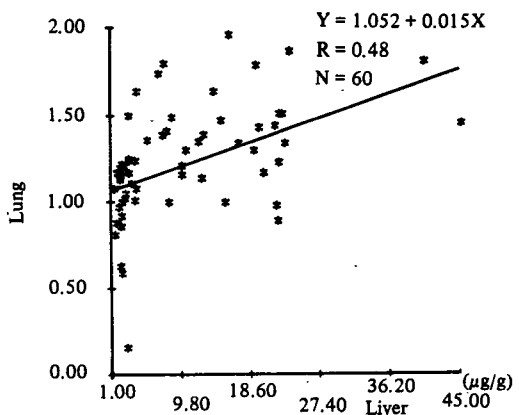


Fig. 7-5. Correlation between Liver and Lung in Cu

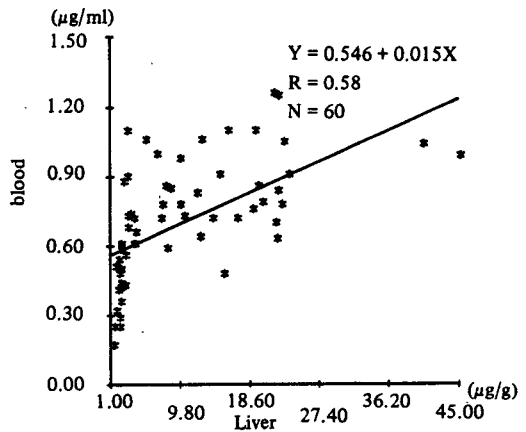


Fig. 7-6. Correlation between Liver and blood in Cu

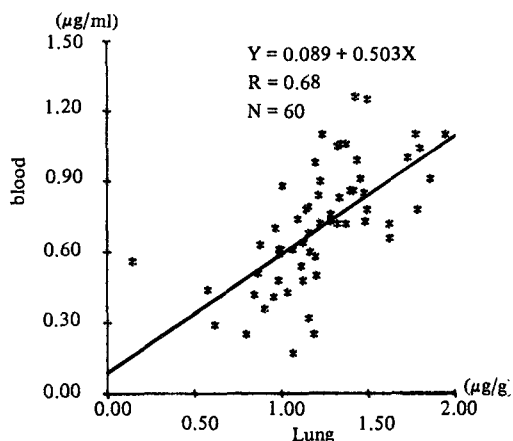


Fig. 7-7. Correlation between Lung and blood in Cu

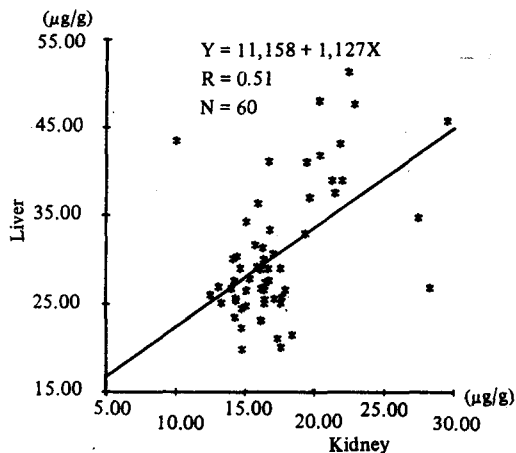


Fig. 7-8. Correlation between Kidney and Liver in Zn

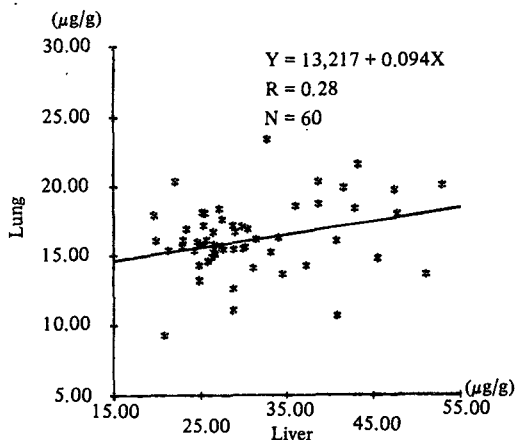


Fig. 7-9. Correlation between Liver and Lung in Zn

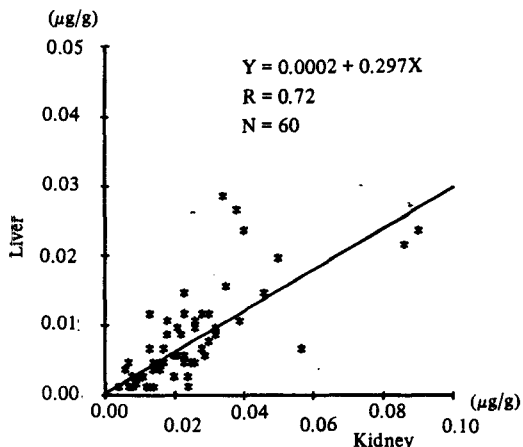


Fig. 7-10. Correlation between Kidney and Liver in Hg

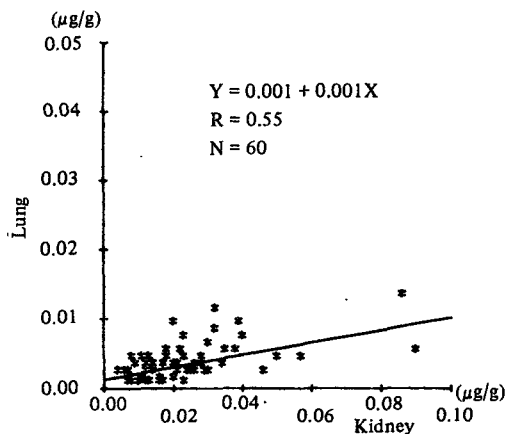


Fig. 7-11. Correlation between Kidney and Lung in Hg

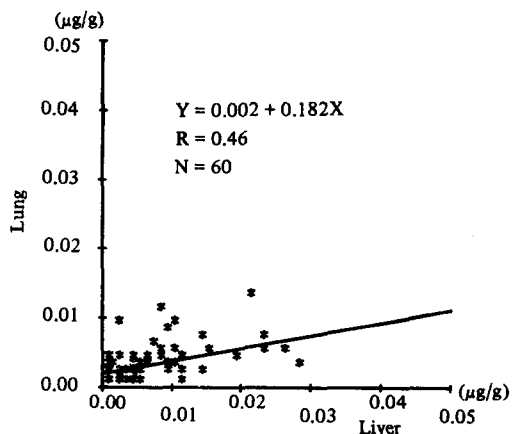


Fig. 7-12. Correlation between Liver and Lung in Hg

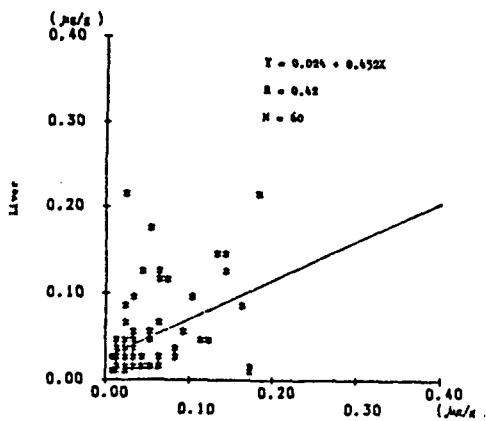


Fig. 7-13. Correlation between kidney and liver in As

IV. 考 察

特定地域 韓牛의 主要 臟器인 腎臟, 肝臟, 肺臟, 그리고 血液內 微量金屬의 濃度を 보면 Zn, Cu, Pb의 順으로 나타났으며 Cd, Hg, As의 境遇에는 臟器에 따라 多少 差異가 있으나, 大體의으로 家畜 臟器內 微量金屬의 濃度は Zn > Cu > Pb > As > Cd > Hg의 順으로 나타났다.

MARC⁵⁾ (Monitoring and Assessment Research Centre) 報告에 의하면 動物의 消化管에 있어서 카드뮴의 吸收率은 2%程度이며, 칼슘이나 단백질의 攝取量이 적을수록 增加한다고 한다. 石崎有信⁶⁾ 등은 소 腎臟의 Cd 平均濃度を 1.80 $\mu\text{g/g}$ 으로 報告하고 있어 本調査值 0.356 $\mu\text{g/g}$ 보다 높게 나타났으며, 소 肝臟의 Cd 濃度도 本調査值 0.055 $\mu\text{g/g}$ 보다 石崎有信,⁶⁾ Slavin⁷⁾의 調査值가 높게 나타났다.

Tsuchiya⁸⁾, Johnson⁹⁾ 등에 의하면 카드뮴의 腎臟內 濃度は 年齡增加에 따라 카드뮴의 含量이 增加한다고 하는데 本調査에서는

年齡增加에 따른 統計的 有意性이 나타나지 않았다.

臟器內 카드뮴 濃度を 보면 腎臟 (0.356 \pm 0.540 $\mu\text{g/g}$), 肝臟 (0.055 \pm 0.067 $\mu\text{g/g}$), 肺臟 (0.025 \pm 0.049 $\mu\text{g/g}$) 順이었다.

銅은 生體必須 微量元素로서 Dalton¹⁰⁾ 등은 소 腎臟의 Cu 濃度を 3.28 $\mu\text{g/g}$, 肝臟에서는 42.2 $\mu\text{g/g}$ 으로 報告하고 있어 本調査值인 腎臟의 濃度 3.639 $\mu\text{g/g}$, 肝臟濃度 9.99 $\mu\text{g/g}$ 과 差異를 보이고 있으나 本調査值나 Dalton의 調査值가 腎臟보다 肝臟에서 더 높게 나타났다. 銅에 있어서 韓牛의 各 臟器間에 統計的으로 有意한 相關關係를 나타냈으며 한편 金屬間의 相關關係에 있어서도 韓牛의 腎臟, 肝臟, 肺臟에서 Cu와 Zn間에 統計的으로 有意한 相關關係를 나타냈는데 相關係數는 各各 0.54, 0.28, 0.56이었다. 이는 Cu와 Zn이 生體必須元素로서 臟器內에 銅과 亞鉛이 一定 濃度以上 含量되어 있음을 나타내 주는 것이라고 생각된다. 銅의 臟器內 濃度を 보면 肝臟 (9.990 \pm 9.682 $\mu\text{g/g}$), 腎臟 (3.639 \pm 0.840 $\mu\text{g/g}$), 肺臟 (1.225 \pm 0.293 $\mu\text{g/g}$) 順으로 나타났다.

鉛은 環境中에 比較的 많이 存在하며 모든 조직에 있지만 80~90%^{11), 12)}程度는 뼈대속에서 發見되어 진다. 鉛 中毒에 의한 家畜被害에 關한 文獻을 보면 350 ppm의 Pb가 含有된 牧草를 먹고 소 15마리중 5마리가 죽고 5마리가 中毒症狀을 나타냈다는 報告¹³⁾가 있다. 어미소에 있어서 치사량은 600~800 mg/kg B.W라는 報告¹⁴⁾가 있으며 Rat를 對象으로 한 實驗¹⁵⁾에서 鉛의 吸收量은 나이 많은 Rat보다 나이가 적은 Rat에서 더욱 높았다고 하며 飮食物에 칼슘함량이 적을

수록 鉛의 吸收量이 增加하였다는 報告¹⁶⁾도 있다.

鉛 濃度を 보면 肝臟 ($0.788 \pm 1.369 \mu g/g$), 腎臟 ($0.719 \pm 0.337 \mu g/g$), 肺臟 ($0.520 \pm 0.469 \mu g/g$)의 順으로 비슷한 濃도를 보였다.

亞鉛은 銅과 같이 生體必須元素로서 體 내에서 카드뮴의 毒生을 완화시키는 역할을 한다¹¹⁾고 한다. 本調査値는 $17.130 \mu g/g$ 으로 石崎有信⁶⁾의 調査値 $33.8 \mu g/g$ 보다 낮게 나타났으며 肝臟에서도 本調査値가 $30.471 \mu g/g$ 으로 石崎有信⁶⁾ 등의 調査値 $58 \mu g/g$ 보다 낮게 나타났다.

臟器內 亞鉛濃도를 보면 肝臟 ($30.471 \pm 8.045 \mu g/g$), 腎臟 ($17.130 \pm 3.663 \mu g/g$), 肺臟 ($16.112 \pm 2.764 \mu g/g$) 順으로 나타났다. Slavin⁷⁾ 등의 소조직중 Zn 濃도를 調査한 바에 의하면 근육에서 $43 \mu g/g$, 肝臟에서 $38 \mu g/g$ 으로 근육에서 더 높게 나타났는데 이와 對照하기 위하여 本調査에서 試料로 使用하였던 韓牛 60마리 외에 별도로 10마리의 韓牛를 對象으로 조직내 Zn 濃도를 調査한 結果 근육에서 $34.9 \mu g/g$ 으로 가장 높게 나타났다. 이것으로 볼때 大部分의 微量金屬이 肝臟이나 腎臟에서 높게 나타나는데 反하여 Zn은 筋肉에 많이 含有되어 있음을 알 수 있다.

水銀 濃도를 보면 Gomez¹⁷⁾ 등은 소 肝臟內 Hg 濃도를 $0.01 \mu g/g$ 으로 報告하고 있어 本調査値 $0.007 \mu g/g$ 보다 多少 높게 나타났으며 水銀 濃도를 보면 腎臟 ($0.023 \pm 0.016 \mu g/g$), 肝臟 ($0.007 \pm 0.007 \mu g/g$), 肺臟 ($0.003 \pm 0.003 \mu g/g$) 順으로 나타났다.

臟器內 砒素 濃도를 보면 腎臟 ($0.051 \pm$

$0.047 \mu g/g$), 肝臟 ($0.047 \pm 0.051 \mu g/g$), 肺臟 ($0.030 \pm 0.031 \mu g/g$)이며 各臟器에 있어서 砒素의 濃度は 거의 비슷한 結果를 보이고 있다.

本調査에서 Pb를 除外한 Cd, Cu, Zn, Hg, As에서 腎臟과 肝臟사이에서 統計적으로 有意한 相關關係를 나타낸 것은 生體에 吸收된 微量金屬이 腎臟이나 肝臟에 높게 나타났기 때문인 것으로 보여진다.

臟器內 微量金屬 濃度は 두 地域間의 差異가 金屬에 따라 다르게 나타났으며 性別, 나이에 따른 差異도 一定하지 않았다.

V. 結 論

家住性 動物인 韓牛 60마리를 對象으로 腎臟, 肝臟, 肺臟 및 血液內 Cd, Cu, Pb, Zn, Hg, As의 濃도를 調査한 結果는 다음과 같다.

1. 카드뮴의 平均値는 腎臟 ($0.356 \mu g/g$), 肝臟 ($0.055 \mu g/g$), 肺臟 ($0.025 \mu g/g$), 血液 ($0.012 \mu g/ml$)이었다.

2. 銅은 肝臟 ($9.990 \mu g/g$), 腎臟 ($3.639 \mu g/g$), 肺臟 ($1.225 \mu g/g$), 血液 ($0.699 \mu g/ml$)으로 나타났다.

3. 鉛은 肝臟 ($0.788 \mu g/g$), 腎臟 ($0.719 \mu g/g$), 肺臟 ($0.520 \mu g/g$), 血液 ($0.355 \mu g/ml$)이었다.

4. 亞鉛은 肝臟 ($30.471 \mu g/g$), 腎臟 ($17.130 \mu g/g$), 肺臟 ($16.112 \mu g/g$), 血液 ($2.928 \mu g/ml$)이었다.

5. 水銀은 腎臟 ($0.023 \mu g/g$), 肝臟 ($0.007 \mu g/g$), 肺臟 ($0.003 \mu g/g$), 血液 ($0.001 \mu g/ml$)이었다.

6. 砒素는 腎臟(0.051 $\mu g/g$), 肝臟(0.047 $\mu g/g$), 肺臟(0.030 $\mu g/g$), 血液(0.023 $\mu g/ml$) 이었다.
7. Cd, Cu, Zn, Hg, As 의 濃度는 腎臟과 肝臟사이에서 統計的으로 有意한 相關關係를 나타냈다.
8. 地域別, 性別, 나이別에 따른 濃度差異는 一定하지 않았다.
9. 本調査研究結果 Cd, Cu, Pb, Zn, Hg, As 의 韓牛 暴露는 國內外研究文獻과 比較할 때 正常的인 範圍인 것으로 思料된다.

參 考 文 獻

1. 環境廳; 環境汚染公定試驗法, 1983.
2. 日本藥學會編; 衛生試驗法注解, 1980.
3. 荒木峻外; 公害分析指針7(食品編), 日本分析化學會; 關東支部編, 1975.
4. 岩島清外; 環境汚染分析法4,5, 大日本圖書(株), 1973
5. MARC/GEMS; Environmental Hazards of Heavy Metals, 1980.
6. 石崎有信外; 生物體内のCd의分布について(第2報), 日衛誌, 1970.
7. S. Slavin et al; Determination of Heavy Metals in meats by Atomic Absorption Spectroscopy, 1975.
8. K. Tsuchiya et al; cadmium Concentrations in the Organs and Tissues of Cadavers from Accidental Deaths. Keio J. Med. 25. 83-90, 1976.
9. D.E. Johnson et al; The Distribution of Cadmium and other metals in Human Tissue. EPA-600/1-78-035, 1978.
10. E.F. Dalton et al; Atomic Absorption Analysis of Copper and Lead in meat and meat products, 1978.
11. WHO; Health Hazards of Human Environment, 1972.
12. R.P. Botts; The short-term Effects of Lead on Domestic and wild Animals. EPA-600/3-77-009, 1977.
13. Harbourne, J.F. et al; An unusual outbreak of Lead poisoning in calves. Vet. Rec. 83:515-517, 1968.
14. Hammond, P.B. et al; Lead poisoning in cattle and Horses in the vicinity of a Smelter, N.Y. Acad. Sci. 111: 595-611, 1971.
15. Kostial, K. et al; Lead Absorption from the Intestine in Newborn Rats. Nature. 233-564, 1971.
16. R.A. Goyer et al; Experimental Enhancement of Lead Toxicity by Low Dietary Calcium. J. Lab. clin. Med. 76(6): 933-942, 1970.
17. M.I. Gomez et al; Mercury content of some Foods. J. Food Sci., 39, 673, 1974.