

이리 공업단지의 공장공기 및 근로자의 혈액, 뇨, 모발 중의 중금속에 관한 조사

황 인 담 · 유 일 수

원광대학교 의과대학 예방의학교실

'he Contents of Heavy Metal in Air of Factories and Blood, Urine and Hair at Employees of I-ri Industrial Park Area

Hwang In Dam · You Il Soo

Dept. of Preventive Medicine, Wonkwang University

ABSTRACT

In Iri industrial area, Heavy metals in air of the factories, 10 metal and 8 non-metal factories, were examined for ten months (from Feb. to Nov, 1991). The metals in blood, urine and hair of 232 employees who have worked in the factories were also examined at the same time;

The results are summarized as follows:

1. Heavy metals; Pb, Cd and Mn in the metal factories were $0.031\text{mg}/\text{m}^3$, $0.0065\text{mg}/\text{m}^3$, and $0.035\text{mg}/\text{m}^3$ respectively, but $0.017\text{mg}/\text{m}^3$, $0.021\text{mg}/\text{m}^3$ and $0.014\text{mg}/\text{m}^3$ in non-metal factories.
2. Heavy metals such as Pb, Cd and Mn in blood from employees in the metal factories were measured; $22.36\mu\text{g}/\text{dl}$, $0.27\mu\text{g}/\text{dl}$ and $1.26\mu\text{g}/\text{dl}$ respectively, The values in the non-metal factories were $19.84\mu\text{g}/\text{dl}$, $0.21\mu\text{g}/\text{dl}$ and $1.24\mu\text{g}/\text{dl}$.
3. Heavy metals such as Pb, Cd and Mn in urine from employees in the metal factories were measured; $32.94\mu\text{g}/\text{l}$, $0.16\mu\text{g}/\text{dl}$, and $1.60\mu\text{g}/\text{dl}$ respectively, whereas the values in the non-metal factories were $28.79\mu\text{g}/\text{l}$, $0.13\mu\text{g}/\text{dl}$ and $1.35\mu\text{g}/\text{l}$.
4. Heavy metals such as Pb, Cd and Mn in hair from employees in the metal factories were measured $8.92\text{mg}/\text{kg}$, $0.33\text{mg}/\text{kg}$ and $3.71\text{mg}/\text{kg}$ respectively, but $8.14\text{mg}/\text{kg}$, $0.31\text{mg}/\text{kg}$ and $3.26\text{mg}/\text{kg}$ in the non-metal factories.

I. 서 론

산업의 발달과 더불어 사용량이 매년 증가하는 중금속은 식품 및 대기에 부유되어 쉽게 인체에

농축됨으로써 다양한 질병을 유발하는 물질이다.¹⁾

그 중 납은 건강장해 정도, 예방관리대책, 납에 대한 중독기전 등이 비교적 잘 연구되었음에도 불구하고 빈번한 납중독사고가 발생하여 납을 취급

※ 본 논문은 1991년도 대한산업보건협회 연구비에 의해서 진행된 연구임.

하는 산업장 근로자 건강문제가 대두되고 있으며⁴⁾ 납이 분진 또는 증기로 비산하는 장소에서 일하는 근로자에게 중독을 일으킬 수 있다고 한다.^{5,6)}

또한 박⁶⁾ 등은 최근 전자산업의 발달로 열 취급 근로자의 수가 증가하여 납중독에 대한 철저한 작업자 관리가 요구된다고 한다.

이와같은 납이 폭로시에 나타나는 초기 자각증상으로는 두통, 피로, 침착성 결여, 수면장애, 체중감소, 변비 등을 초래한다고 하며⁷⁾ 만성 중독증상으로는 두통, 근육통, 관절통, 안면창백, 신근마비 등을 유발하는 독성이다.⁹⁾

카드뮴은 아연광 속의 주로 함유되어 있으며 카드뮴축전지, 형광등, 유리, 도자기, 페인트, 살균제, 살충제, 합성수지제조 등 다양한 공정을 통하여 폭로되어 인체에 농축됨으로써 독성을 야기시키는 물질로서 체내에 카드뮴이 다량 흡입되면 메탈로치오닌의 합성이 이루어지지 않아 중독을 일으키는 것으로 보고⁸⁾되고 있으며 카드뮴이 체내 흡입경로는 주로 호흡기와 소화기를 통하여 흡수되어 혈액에 의하여 각 장기에 운반되어 주로 간장과 신장에 축적됨으로써 건강의 장애를 일으킨다.⁹⁾

망간은 망간제조, 건전지제조, 용접봉제조, 도자기제조, 성냥제조 공정에서 노출되며 망간분진을 흡입하면 간뇌에서 선택적으로 작용하여 운동신경계통을 침범함으로써 피해를 준다.⁸⁾

이와같은 망간의 중독은 주로 만성중독으로써 초기에는 식욕부진, 피로감, 수면장애, 하지경련, 집중력장애 등을 초래하며 이것이 진전되면 근육이상긴장, 언어장애, 자세이상 등을 유발시키는 독성물질이다.¹⁰⁾

이와같은 중금속의 많은 양이 작업장의 공기 중에 부유되어 호흡기를 통하여 인체에 농축되는 것으로 보아^{11,12)} 본 조사에서는 이리 공업단지의 작업장 내의 공기 중 중금속 함량을 측정하고 작업인의 尿, 血液, 毛髮을 채취하여 중금속이 인체에 축적되는 실태를 파악하고자 하였다.

II. 연구대상 및 방법

1. 연구대상

1991년 2월~1991년 11월에 걸쳐 이리공업단지

에 위치한 업체중 금속업체(전자, 금속) 10곳과 비금속업체(섬유업체, 식품업체) 8곳을 선정하여 작업장 공기, 작업자의 뇨, 혈액, 모발을 채취하여 Pb, Cd, Mn 함량을 측정하였으며 그 일반적 특성은 Table 2와 같다.

2. 공기중의 중금속 함량

공기중의 중금속 함량 측정은 개인용 시료포집기(Personal air sampler, Gillian Instru. Corp. U.S.A.)를 이용하여 근로자의 호흡기 위치에 정착시켜 유속 1.5l/min으로 6시간 동안 작동하여 포집하였으며, 이때 중금속을 포집한 glass fiber 여과지를 질산, 과염소산으로 분해시킨 후 sodium diethyl dithiocarbamate로 chelate화물을 만들어 methylisobuthyl ketone으로 추출한 후 0.1N 질산을 이용하여 정용한 다음 Table 1과 같은 조건 하에서 중금속함량을 분석¹³⁾하였으며 동시에 공시험도 병행하였다.

3. 혈액중의 중금속 함량

혈액중의 납의 농도는 정맥혈 1ml와 회석액(1% triton x-100용액) 4ml를 넣고 흔들어서 시료를 준비했으며, 또한 혈액의 망간의 함량도 정맥혈 0.5ml와 회석액(1% triton X-100용액) 3ml를 넣고 흔들어서 시료를 만들었고 혈액의 카드뮴 함량은 헤파린으로 처리된 정맥혈 1ml에 회석액(5% triton x-100용액) 1ml를 가하고 1% ammonium nitrate 0.2ml 증류수를 가하고 20% trichloroacetic acid(TCA) 1.5ml를 가하여 흔든 후 원심분리를 이용하여 원심분리된 상용액을 시료로 하여 원자흡광분광광도계(Varian Spectr AA-30)을 이용하여 Table 1과 같은 조건 하에서 중금속 함량을 분석¹⁴⁾하였다.

4. 뇨중의 중금속 함량

작업장 근로자로 부터 채취한 뇨(일시뇨)중 100 ml를 취하여 과염소산-질산분해 방법으로 유기물을 분해한 후 시료에 증류수를 가하여 50ml가 되게 한 후 ammonium citrate(25w/v/%) 10ml와 bromthymol blue indicator(0.01w/v/%) 2방울을 가한 다음 액상의 색이 황색에서 녹색으로 변할 때까지 1:1 ammonium hydroxide를 넣어 중

화하였다.

위의 시료에 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (40w/v%) 10ml, sodium diethyl dithiocarbamate로 chelate화물을 만든 후 methyl isobutyl ketone(M.I.B.K) 20ml를 넣고 10분 동안 격렬하게 흔든 후 방치하여 MIBK층을 분리하였다.

위의 액을 가열판에 놓고 휘산시킨 후 0.1N HCl을 가한 후 Table 1과 같은 조건에서 원자흡광분광도계(Varian Spectr AA-30)을 이용하여 중금속 함량을 분석¹⁴⁾하였다.

5. 모발 중의 중금속 함량

근로자의 후두부에서 모발을 채취하여 모발표면에 붙어 있는 오염물질을 제거하기 위하여 acetone 및 EDTA방법을 이용하였다. 즉 모발을 증류수로 세척한 후 중성세제를 이용하여 2회 세척 후 탈이온수로 3회 헹군 다음 acetone으로 2회 세척 60~70℃에서 EDTA로 10분간 담근 것을 다시 3차 증류수로 2회 씻어낸 다음 dry oven을 이용하여 항량이 될 때까지 건조시킨 것을 시료로 하였다.

시료 0.2g을 평량한 다음 질산과 염소산을 이용한 습식산화 방법에 의하여 유기물을 분해시킨 후 MIBK추출법으로 중금속을 추출하여 원자흡광분광도계(Varian Spectr AA-30)를 이용하여 Table 1과 같은 조건에서 중금속을 분석¹⁴⁾하였다.

Table 1. Analysis conditions in atomic absorption spectrophotometer

Elements	Pb	Cd	Mn
Lamp current(nA)	2	4	1
Slit width(nm)	0.5	0.5	0.2
Wave length(nm)	283.3	228.8	279.5

III. 결과 및 고찰

1. 작업장내 공기중의 중금속 함량

이리 공업단지내 위치한 공장은 금속업체 공장(10개소), 비금속업체공장(8개소)를 구분하여 측정한 결과 금속업체의 공기중 납함량은 0.31mg/m³ 비금속업체 공장은 0.017mg/m³로 나타났으며,

작업장 공기중 카드뮴 함량, 망간의 함량도 두 집단의 차이를 보이고 있었다(Table 2~5).

금속업체 공기중의 납 함량은 0.033mg/m³이하의 값이 전체 측정수 50%를 차지하고 있었으며, 0.067mg/m³ 이상이 30%로 나타났는데 이 값은 박⁶⁾ 등의 중등도 납폭로 집단에서 공기중 납의 농도가 0.074mg/m³ 이하인 값으로 나타난 것이 전체 집단의 40%를 차지하고 있으며 0.075mg/m³~0.149mg/m³가 50% 나타났다고 보고하고 있는데 이 값에 비하여 본 조사 값은 낮게 나타났다. 또한 비금속업체 8개소의 공기중 납 함량은 0.033mg/m³ 이하의 집단이 전체의 87.5%를 차지하고 있으며, 0.034~0.066mg/m³의 값은 전체의 12.5%로 나타났으며, 특히 비금속업체인데도 불구하고 0.034~0.066mg/m³로 나타난 것이 특이했다.

박⁷⁾ 등은 고속도로 돌계이트의 공기중의 납 농도가 부스외부 0.0027mg/m³, 부스내부에서 0.0018mg/m³로 보고하고 있는데 비금속업체 공기중 납의 농도가 0.0017mg/m³로 나타나 부스내부의 공기중 납의 농도와 비슷한 값을 보였으며, 고¹⁵⁾, 백¹⁶⁾ 등은 도심지의 공기중 납의 농도가 0.00009~0.0013mg/m³로 보고하고 있는데 이 값에 비하여 비금속업체 공기중 납의 농도가 높게 나타났다.

공기중의 카드뮴 농도는 금속업체 0.0062mg/m³, 비금속업체 0.0022mg/m³로 나타났으며, 이

Table 2. General characteristics of workers

Item	Metal industry	Nonmetal industry	Total
No of factory	10	8	18
No of workers	96(46)	48(42)	144(88)
Duration of work			
(years)~2	29(20)	11(22)	40(42)
3~5	26(15)	14(11)	40(26)
6~	41(11)	23(9)	64(20)
Age(years)			
~20	2(-)	3(11)	4(11)
21~30	31(7)	16(14)	47(21)
31~40	27(24)	15(10)	42(34)
41~50	19(13)	9(5)	28(18)
51~	17(2)	5(2)	22(4)

() : Female

값은 이¹⁷⁾ 등이 발표한 치과기공소 실내 공기중 Cd 함량 0.0042~0.0167mg/m³에 비하여 낮게 나

Table 3. Distribution of lead concentration in air

Lead concentration (mg/m ³)	Metal industry	Nonmetal industry
~0.033	5(50)	7(87.5)
0.034~0.066	2(20)	1(12.5)
0.067~	3(30)	-
Total	10(100)	8(100)

():%

Table 4. Distribution of cadmium concentration in air

Cadmium concentration (mg/m ³)	Metal industry	Nonmetal industry
~0.005	3(30)	6(75)
0.006~0.010	5(50)	2(25)
0.010~	2(20)	-
Total	10(100)	8(100)

():%

Table 5. Distribution of manganese concentration in air

Manganese concentration(mg/m ³)	Metal industry	Nonmetal industry
~0.050	6(60)	6(75)
0.051~0.10	2(20)	2(25)
0.11~	2(20)	-
Total	10(100)	8(100)

():%

타났으며 노동부¹⁸⁾에서는 작업장 공기중 카드뮴 함량의 기준치를 0.05mg/m³으로 정하고 있는데, 본 조사 값은 이 값에 비하여 상당히 낮게 나타나 이 기준치에 비추어 볼때 아직 공기중의 카드뮴 함량은 문제가 되지 않는다고 생각된다.

공기중의 망간의 농도는 금속업체에서 0.050 mg/m³ 20%, 0.11mg/m³ 이상이 20%로 나타났으며, 이 값은 박⁹⁾ 등이 원광분쇄작업장의 0.30 mg/m³~3.3mg/m³로 보고하고 있는데, 이 값과는 현저한 차이를 보이고 있다. 노동부¹⁸⁾에서는 1일 8시간 작업장에서 공기중 망간의 농도 허용기준치를 5mg/m³로 정하고 있는데, 본 조사에서 나타난 공기중 망간의 농도는 0.0014~0.15mg/m³로 나타나 작업장내의 공기중 망간농도는 허용기준치에 비추어 볼 때 안정하다고 할 수 있다.

2. 혈액중의 중금속 함량

혈액중의 납 함량은 금속업체 근무하는 근로자 중 남자 22.31µg/l, 여자 21.98µg/l, 비금속업체 근무하는 남자 19.84µg/dl, 여자 19.32µg/dl로 나타났다(Table 6).

이 값은 정¹⁹⁾이 납 폭로집단의 혈중 Cd함량이 34µg/dl로 보고하고 있는데, 이 값에 비하여 현저히 낮은 값을 보이고 있으며, 또한 납 비폭로집단의 혈중 Cd 함량 17.9µg/dl에 비하여 약간 높은 값으로 나타났다.

박⁶⁾은 중증도 납폭로 집단의 혈중 납의 농도가 29.1µg/dl로 보고하고 있는 본 조사 값은 금속업체 및 비금속업체 근로자 모두 이 값에 비하여 낮은 값으로 나타났다. 또한 이 값들은 근로자 연중독 판정기준(노동부¹⁸⁾, 60µg/dl보다 낮은 값으로

Table 6. The content of lead in blood by air lead concentration level

Air lead (mg/m ³)	Blood lead (µg/dl)			
	Metal industry		Nonmetal industry	
	Male	Female	Male	Female
~0.033	18.90±11.24	17.35±9.91	20.14±14.27	19.94±11.36
0.034~0.066	22.72±19.15	23.62±11.26	19.37±10.61	18.91±7.90
0.067~	29.41±10.90	26.90±9.15	-	-
Total	22.36±16.19	21.98±10.90	19.84±13.11	19.32± 9.91

Mean±S.D.

나타났다.

근로자 근무기간에 따른 혈액내 납함량은 금속업체 근무하는 남자에서 2년 이하 집단 21.19 $\mu\text{g}/\text{dl}$, 2~5년 24.17 $\mu\text{g}/\text{dl}$, 5년 이상에서 24.80 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 로 근무기간이 길수록 약간 증가하는 것을 볼 수 있었다(Table 15).

혈액중의 카드뮴 함량은 금속업체 근무하는 남자 0.27 $\mu\text{g}/\text{dl}$, 여자 0.27 $\mu\text{g}/\text{dl}$, 비금속업체 근무하는 남자 0.21 $\mu\text{g}/\text{dl}$, 여자 0.20 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 로 나타났으며 공기중의 카드뮴 함량이 0.005 mg/m^3 이하 집단에서 0.010 mg/m^3 이상 집단으로 증가할수록 근로자의 혈중 중금속 함량이 0.24 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 에서 0.30 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 로 증가하는 것을 볼 수 있었고, 비금속업체 남자는 공기중의 카드뮴 함량이 증가할수록 혈중 카드뮴 함량이 증가하는 것으로 나타났으나 여자에서는 상반되게 나타났다(Table 9).

김²⁰⁾ 등이 발표한 한국인 혈중 카드뮴 농도의 기하학적 평균치를 남자 1.26 $\mu\text{g}/\text{dl}$, 여자 1.66 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 로 발표하고 있는데, 본 조사 값은 이 값에 비하여 상당히 낮은 값으로 나타났다.

또한 근로자의 근무기간에 따른 혈액중의 카드뮴 함량은 근무기간이 길수록 일반적으로 높게 나타났다(Table 18).

혈액중의 망간 농도는 금속업체에 근무하는 남자 1.29 $\mu\text{g}/\text{dl}$, 여자 1.21 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 로 나타났으며, 비금속업체에 근무하는 남자 1.24 $\mu\text{g}/\text{dl}$, 여자 1.23 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 로 금속업체에 근무하는 여자의 혈중 망간의 농도가 오히려 비금속업체에 근무하는 여자의 혈중 망간의 농도보다 낮은 것이 특이하다(Table 12).

폭로되어 있지 않은 정상인 혈중의 망간 농도가 1.1 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 로 보고²¹⁾하고 있는데, 본 조사의 값은 이 값에 비하여 약간 높은 값으로 나타났다. 박⁹⁾ 등은 원광분쇄작업장의 근로자 혈중 망간의 농도가 5.5 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 로 보고하고 있는데, 본 조사 값은 이 값에 비하여 상당히 낮게 나타났다.

혈액내의 망간의 농도는 금속업체 근로자에서 근무기간이 길어질수록 증가하는 경향을 볼 수 있었으나 비금속업체 근로자는 별 차이가 없었다(Table 21).

3. 근로자의 노중 중금속 함량

근로자의 노중 납 함량은 금속업체 남자 32.94 μ

g/dl , 여자 33.16 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 로 나타났으며, 비금속업체에서 남자, 여자 각각 28.79 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 및 30.06 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 로 나타났다(Table 7).

박⁹⁾ 등은 고속도로 톨게이트 근로자의 노중 납 함량이 29.82 $\mu\text{g}/\text{l}$ 로 보고하고 있는데, 본 조사 값은 이 값과 큰 차이가 없었으나 이²²⁾ 등이 조사한 연제련 종사자 노중 납 함량 66.0 $\mu\text{g}/\text{l}$ 에 비하여 상당히 낮은 값을 보였다.

근로자의 노중 납 함량은 근무기간이 증가할수록 금속업체 근로자에게서는 증가하는 것을 볼 수 있었으나 비금속업체에서는 비슷한 값을 보였다(Table 15).

근로자의 노중 카드뮴 함량은 금속업체 근로자 남자가 작업장 공기중 카드뮴 함량이 0.005 mg/m^3 이하 집단에서 0.12 $\mu\text{g}/\text{dl}$, 또한 공기중 카드뮴 함량이 0.006~0.010 mg/m^3 , 0.01 mg/m^3 이상 집단에서 각각 0.17 $\mu\text{g}/\text{dl}$, 0.19 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 로 나타나 공기중 카드뮴 함량이 증가됨에 따라 근로자의 노중 카드뮴 함량도 증가하는 것을 볼 수 있었다(Table 9).

노중 카드뮴 함량은 금속업체에 근무하는 남자 0.16 $\mu\text{g}/\text{dl}$, 여자 0.16 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 로 나타났으며, 이 값은 황²³⁾ 등이 보고한 1.32 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 에 비하여 약간 높은 값을 보였으며, 배²⁴⁾ 등이 보고한 8.59 $\mu\text{g}/\text{l}$ 과는 큰 차이를 보이고 있다. 근무기간에 따른 노중 카드뮴 함량은 금속업체 근로자에게서 근무기간이 증가함에 따라 노중 카드뮴 함량이 증가하는 것을 볼 수 있었다(Table 19).

노중 망간 함량은 금속업체 남자 1.60 $\mu\text{g}/\text{l}$, 여자 1.48 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 로 두 집단간에 약간의 차이를 보이고 있다. 또한 이 값은 박⁹⁾ 등이 발표한 노중 망간함량 19.8 $\mu\text{g}/\text{dl}$ 에 비하여 상당히 낮은 값을 보였다(Table 13). 근로자의 근무기간에 따른 노중 망간의 함량은 금속업체 근로자, 비금속업체 근로자 모두 근무기간이 증가하는 것과 차이가 없었다(Table 22).

4. 모발 등의 중금속 함량

모발내의 납함량은 금속업체 근무하는 남자 근로자 모발에서 8.92 mg/kg , 비금속업체에서 8.14 mg/kg 으로 나타나, 두 집단간에 별 차이가 없었다. 그러나 금속업체 근무하는 여자 근로자는 14.39 mg/kg 으로 나타나 남자에 비하여 상당히 높게

나타났다. 미국의 모발연구소 Doctor's Data Inc.의 Toxic metal level chart²⁵⁾에 의하면 Pb 오염 인자로서 납이 함유되어 있는 자동차 매연, 페인트, 머리염색, 세척 등에 의하여 모발내의 Pb함량이 다르다고 보고하고 있으며 여자가 남자에 비하여 모발내에 중금속 함량이 높은 것은 장발에 의한 요인 및 머리 파마 등으로 모발내의 납 함량이 높다고 보고하고 있다.

한²⁶⁾의 폭로집단의 모발내 납함량이 11.4mg/kg으로 보고하고 있는데 본 조사 값은 이 값에 비하여 낮게 나타났다(Table 8).

모발내 카드뮴 함량은 금속업체 근로자 중 남자 0.33mg/kg, 여자 0.48mg/kg으로 성별간에 차이를 보이고 있으며, 비금속업체 남자 0.31mg/kg, 여자 0.49mg/kg으로 두 직업간에는 별차이가 없었다(Table 11).

조²⁷⁾ 등은 인체내 미량중금속 함량 보고서에서 모발내의 Cd함량이 0.27 μ g/g으로 보고하고 있는데, 본 조사값은 이 값에 비하여 높게 나타났으며 차²⁸⁾ 등이 보고한 1.49mg/kg에 비하여 상당히 낮게 나타났다. 근무연한에 따른 모발내의 카드뮴 함량은 금속업체 남자 근로자에게서 2년 이하 집단에서

Table 7. The content of lead in urine by air lead concentration level

Air lead (mg/m ³)	Urine lead (μ g/l)			
	Metal industry		Nonmetal industry	
	Male	Female	Male	Female
~0.033	30.21 \pm 14.15	29.11 \pm 13.49	28.15 \pm 10.35	30.16 \pm 10.25
0.034~0.066	33.62 \pm 10.90	35.21 \pm 12.28	29.40 \pm 11.24	30.00 \pm 14.61
0.067~	34.97 \pm 19.43	34.35 \pm 16.26	—	—
Total	32.94 \pm 15.56	33.16 \pm 13.91	28.79 \pm 10.98	30.06 \pm 13.62

Mean \pm S.D.

Table 8. The content of lead in hair by air lead concentration level

Air lead (mg/m ³)	Hair lead (mg/kg)			
	Metal industry		Nonmetal industry	
	Male	Female	Male	Female
~0.033	7.59 \pm 2.43	13.39 \pm 6.75	8.11 \pm 2.97	14.25 \pm 4.94
0.034~0.066	10.41 \pm 3.91	15.30 \pm 2.26	8.20 \pm 1.81	13.62 \pm 6.27
0.067~	9.91 \pm 5.25	15.51 \pm 7.21	—	—
Total	8.92 \pm 3.96	14.39 \pm 5.55	8.14 \pm 1.90	13.97 \pm 5.15

Mean \pm S.D.

Table 9. The content of cadmium in blood by air cadmium concentration level

Air cadmium (mg/m ³)	Blood cadmium (μ g/dl)			
	Metal industry		Nonmetal industry	
	Male	Female	Male	Female
~0.050	0.24 \pm 0.10	0.21 \pm 0.13	0.19 \pm 0.11	0.20 \pm 0.09
0.051~0.100	0.29 \pm 0.91	0.32 \pm 0.16	0.23 \pm 0.15	0.19 \pm 0.12
0.101~	0.30 \pm 0.13	0.28 \pm 0.21	—	—
Total	0.27 \pm 0.11	0.27 \pm 0.18	0.21 \pm 0.12	0.20 \pm 0.10

Mean \pm S.D.

Table 10. The content of cadmium in urine by air cadmium concentration level

Air cadmium (mg/m ³)	Urine cadmium (μg/dl)			
	Metal industry		Nonmetal industry	
	Male	Female	Male	Female
~0.050	0.12±0.06	0.13±0.11	0.13±0.09	0.12±0.03
0.051~0.100	0.17±0.03	0.14±0.06	0.14±0.08	0.13±0.09
0.101~	0.19±0.07	0.20±0.14	—	—
Total	1.16±0.05	0.15±0.08	0.13±0.09	0.13±0.07

Mean±S.D.

Table 11. The content of cadmium in hair by air cadmium concentration level

Air cadmium (mg/m ³)	Hair cadmium (mg/kg)			
	Metal industry		Nonmetal industry	
	Male	Female	Male	Female
~0.050	0.28±0.11	0.49±0.21	0.32±0.19	0.50±0.26
0.051~0.100	0.31±0.29	0.54±0.16	0.29±0.21	1.47±0.11
0.101~	0.40±0.08	0.42±0.33	—	—
Total	0.33±0.19	0.48±0.29	0.31±0.19	0.49±0.24

Mean±S.D.

Table 12. The content of manganese in blood by air manganese concentration level

Air manganese (mg/m ³)	Blood manganese (μg/dl)			
	Metal industry		Nonmetal industry	
	Male	Female	Male	Female
~0.050	1.21±0.20	1.15±0.39	1.24±0.36	1.27±0.36
0.051~0.100	1.19±0.54	1.24±0.30	1.25±0.41	1.19±0.30
0.101~	1.39±0.48	1.26±0.62	—	—
Total	1.26±0.46	1.21±0.48	1.24±0.39	1.23±0.36

Mean±S.D.

Table 13. The content of manganese in urine by air manganese concentration level

Air manganese (mg/m ³)	Urine manganese (μg/l)			
	Metal industry		Nonmetal industry	
	Male	Female	Male	Female
~0.050	1.40±0.43	1.32±0.29	1.31±0.61	1.33±0.31
0.051~0.100	1.62±0.66	1.31±0.73	1.39±0.48	1.30±0.76
0.101~	1.79±0.31	1.80±0.43	—	—
Total	1.60±0.52	1.48±0.60	1.35±0.59	1.32±0.49

Mean±S.D.

0.31mg/kg 2~5년 근무자에게서 0.34mg/kg, 5년 이상 근무자가 0.35mg/kg으로 나타났다(Table 20).

모발내의 망간의 함량은 금속업체에 근무하는 남자 3.71mg/kg, 여자 4.94mg/kg으로 나타나 납이나 카드뮴과 같이 여자에게서 높게 나타나는 것

Table 14. The content of manganese in hair by air manganese concentration level

Air manganese (mg/m ³)	Hair manganese(mg/kg)			
	Metal industry		Nonmetal industry	
	Male	Female	Male	Female
~0.050	3.25±1.20	4.91±2.48	3.29±0.46	4.89±3.24
0.051~0.100	3.91±1.43	4.81±1.02	3.25±1.29	5.02±2.35
0.101~	3.90±1.11	5.09±3.31	-	-
Total	3.71±1.36	4.94±2.90	3.26±0.87	4.95±2.97

Mean±S.D.

Table 15. The content of lead in blood by work duration

Work duration (years)	Blood lead(μg/l)			
	Metal industry		Nonmetal industry	
	Male	Female	Male	Female
Below 2	21.19±12.30	20.49±13.26	20.39±9.40	18.49±13.11
2~5	24.71±6.48	21.40±10.02	19.01±11.43	20.92±7.30
Above 5	24.80±14.35	22.98±11.36	19.86±3.27	20.47±8.15

Mean±S.D.

Table 16. The content of lead in urine by work duration

Work duration (years)	Urine lead(μg/l)			
	Metal industry		Nonmetal industry	
	Male	Female	Male	Female
Below 2	32.41±12.90	30.94±12.00	29.01±9.90	31.33±16.25
2~5	33.42±18.35	33.19±16.24	28.61±12.36	28.76±10.20
Above 5	33.19±11.17	35.90±10.32	28.96±6.27	30.43±15.19

Mean±S.D.

Table 17. The content of lead in hair by work duration

Work duration (years)	Hair lead(mg/kg)			
	Metal industry		Nonmetal industry	
	Male	Female	Male	Female
Below 2	8.24±3.20	15.24±4.27	8.39±2.36	14.02±5.91
2~5	9.94±1.48	13.50±3.97	7.41±2.90	14.38±5.49
Above 5	10.39±4.92	14.39±9.88	8.96±3.43	13.72±6.48

Mean±S.D.

을 볼 수 있었다(Table 14). 또한 근무기간에 따른 모발중의 망간의 함량은 금속업체 근로자 중 2년 이하 근무자에게서 3.17mg/kg, 5년 이상 근무

자에게서 3.89mg/kg으로 나타나 근무기간이 길수록 약간 증가하는 것을 볼 수 있었다(Table 23).

Table 18. The content of cadmium in blood by work duration

Work duration (years)	Blood cadmium($\mu\text{g}/\text{dl}$)			
	Metal industry		Nonmetal industry	
	Male	Female	Male	Female
Below 2	0.25 \pm 0.19	0.25 \pm 0.27	0.21 \pm 0.10	0.21 \pm 0.11
2~5	0.27 \pm 0.07	0.27 \pm 0.20	0.22 \pm 0.13	0.17 \pm 0.20
Above 5	0.30 \pm 0.14	0.29 \pm 0.14	0.20 \pm 0.11	0.22 \pm 0.05
Mean \pm S.D.				

Table 19. The content of cadmium in urine by work duration

Work duration (years)	Urine cadmium($\mu\text{g}/\text{dl}$)			
	Metal industry		Nonmetal industry	
	Male	Female	Male	Female
Below 2	0.14 \pm 0.05	0.14 \pm 0.12	0.13 \pm 0.11	0.13 \pm 0.07
2~5	0.17 \pm 0.09	0.14 \pm 0.10	0.14 \pm 0.06	0.12 \pm 0.08
Above 5	0.18 \pm 0.05	0.20 \pm 0.11	0.13 \pm 0.05	0.12 \pm 0.07
Mean \pm S.D.				

Table 20. The content of cadmium in hair by work duration

Work duration (years)	Hair cadmium(mg/kg)			
	Metal industry		Nonmetal industry	
	Male	Female	Male	Female
Below 2	0.31 \pm 0.20	0.45 \pm 0.20	0.31 \pm 0.12	0.48 \pm 0.17
2~5	0.34 \pm 0.13	0.53 \pm 0.17	0.31 \pm 0.09	0.49 \pm 0.14
Above 5	0.35 \pm 0.15	0.49 \pm 0.28	0.29 \pm 0.16	0.49 \pm 0.16
Mean \pm S.D.				

Table 21. The content of manganese in blood by work duration

Work duration (years)	Blood manganese($\mu\text{g}/\text{dl}$)			
	Metal industry		Nonmetal industry	
	Male	Female	Male	Female
Below 2	1.20 \pm 0.46	1.10 \pm 0.41	1.28 \pm 0.46	1.21 \pm 0.27
2~5	1.30 \pm 0.27	1.29 \pm 0.54	1.25 \pm 0.29	1.23 \pm 0.35
Above 5	1.28 \pm 0.48	1.29 \pm 0.37	1.20 \pm 0.24	1.22 \pm 0.34
Mean \pm S.D.				

Table 22. The content of manganese in urine by work duration

Work duration (years)	Urine manganese($\mu\text{g/l}$)			
	Metal industry		Nonmetal industry	
	Male	Female	Male	Female
Below 2	1.51 \pm 0.62	1.46 \pm 0.50	1.31 \pm 0.72	1.34 \pm 0.41
2~5	1.64 \pm 0.47	1.56 \pm 0.49	1.34 \pm 0.50	1.30 \pm 0.36
Above 5	1.65 \pm 0.36	1.59 \pm 0.38	1.35 \pm 0.45	1.32 \pm 0.48

Mean \pm S.D.

Table 23. The content of manganese in hair by work duration

Work duration (years)	Hair manganese(mg/kg)			
	Metal industry		Nonmetal industry	
	Male	Female	Male	Female
Below 2	3.17 \pm 1.40	4.84 \pm 2.62	3.43 \pm 0.72	4.95 \pm 3.41
2~5	3.99 \pm 1.26	5.21 \pm 2.34	3.02 \pm 0.67	5.20 \pm 2.16
Above 5	3.89 \pm 1.06	4.81 \pm 2.47	3.26 \pm 0.81	4.752.62 \pm

Mean \pm S.D.

IV. 결 론

1991년 2월부터 1991년 11월까지 이리지역 공업 단지에 위치한 금속업체 10개소와 비금속업체 8개소를 선택하여 작업장 실내공기중 중금속 함량 및 근로자의 혈액, 뇨, 모발을 채취하여 분석한 결과는 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 작업장 공기중 납함량은 금속업체, 0.031mg/m³, 비금속업체 0.017mg/m³으로 나타났으며, 이 값은 노동부¹⁸⁾ 공기중 납 기준치 0.150mg/m³에 크게 미달된 것으로 작업장은 이 기준치와 비교할 때 안전하다고 할 수 있다. 또한 작업장 공기중 카드뮴함량은 금속업체 0.0065mg/m³, 비금속업체 0.0021mg/m³로 나타났으며, 노동부¹⁸⁾ 공기중 카드뮴 기준치 0.05mg/m³에 비하여 낮게 나타났다.

작업장 공기중 망간의 함량은 0.021mg/m³로 나타나 노동부¹⁸⁾의 1일 8시간 작업장의 공기중 망간 농도 허용기준치 5mg/m³에 비하여 상당히 낮게 나타났다.

2. 근로자의 혈중 납함량은 금속업체 남자 22.36 $\mu\text{g/dl}$, 여자 21.98 $\mu\text{g/dl}$ 로 나타났으며, 공기중의 납함량이 증가하는 것으로 나타났다. 혈중 카

드뎀함량은 금속업체 남자 0.27 $\mu\text{g/dl}$, 비금속업체 남자 0.21 $\mu\text{g/dl}$ 로 두 집단간에 약간의 차이를 보이고 있었고 노동부¹⁸⁾ 혈중 카드뮴 기준치 1.0 $\mu\text{g/dl}$ 에는 크게 미치지 못한 것으로 보아 안전하다고 할 수 있다.

혈액중의 망간농도는 금속업체 남자 근로자에게서 근무기간이 2년 미만인 집단에서 1.20 $\mu\text{g/l}$ 에서 5년 이상으로 근무기간이 증가함에 따라 1.28 $\mu\text{g/l}$ 로 증가하는 것을 볼 수 있었다.

3. 근로자의 뇨중 납함량은 금속업체 남자 근로자 32.94 $\mu\text{g/l}$, 여자 33.16 $\mu\text{g/l}$ 이고 비금속업체에서는 남자 28.79 $\mu\text{g/l}$, 여자 30.06 $\mu\text{g/l}$ 로 나타났으며, 금속업체 근로자는 근무기간이 길어질수록 뇨중 납함량이 약간 증가하는 것을 볼 수 있었으나 비금속업체 근로자는 근무기간에 따른 근로자 뇨중 납 농축변화량은 거의 없었다.

근로자의 뇨중 카드뮴함량은 금속업체 남자 0.16 $\mu\text{g/dl}$, 여자 0.16 $\mu\text{g/dl}$ 로 나타났으며, 뇨중 망간의 농도는 금속업체 남자 1.60 $\mu\text{g/l}$, 여자 1.48 $\mu\text{g/l}$ 로 나타났다.

4. 근로자의 모발내의 납함량은 금속업체 남자 8.92mg/kg, 비금속업체 남자 8.14mg/kg으로 두 집단간에 별 차이가 없었으나 금속업체 여자의 모

발내의 Pb함량은 14.39mg/kg으로 성별간 차이는 큰 것을 볼 수 있다.

근로자 모발내의 카드뮴 함량은 금속업체 남자 0.33mg/kg으로 나타났으며, 근무기간에 따른 모발내 농축량 변화는 극히 적은 것으로 나타났다. 근로자 모발내 망간함량은 금속업체 남자 3.71 mg/kg, 여자 4.94mg/kg으로 남, 카드뮴과 같이 직업간에는 큰 차이가 없었으나 성별간에는 큰 차이가 있었다.

참 고 문 헌

- 1) Jacobs MR and Ladd AC : Absorption and excretion of mercury in man : III. Blood mercury in relation to duration of exposure. Arch Environ Health, 6, 634~637, 1963.
- 2) Ferm VH, Carpenter SJ : Developmental malformations resulting from the administration of lead salts. Exp Mol Pathol, 7, 208~213, 1977.
- 3) Selander S, Cramer K : Interrelationships between lead in blood, lead in urine and ALA in urine during lead work. Brit J Industr Med, 27, 28, 1970.
- 4) Zielhuis RI : Lead, alloys and inorganic compounds, in ILO Encyclopedia of Occupational Health and Safety, Geneva, ILO, 1200~1204, 1983.
- 5) Pirkle JL, Schwartz J, Landis JR, Hariann WR : The relationship between blood lead levels and blood pressure and its cardiovascular risk implications. Am J. Epidemiol, 121(2), 246, 1985.
- 6) 박석건, 김광중, : 연폭로 수준에 의한 공기중의 연농도와 혈액중 연농도간의 상관성, 대한산업의학회지, 3(1), 99~102, 1991.
- 7) 박정일, 구정완, 노영만, 이승환 : 고속도로 물게이트 근로자들의 연폭로 및 자각증상에 관한 조사, 대한산업의학회지, 2(2), 135~140, 1990.
- 8) 대한산업보건협회 : 근로자 건강진단 검사법, 1989.
- 9) 이세훈, 김형아, 박정일, 이병국, 이광목, 조규상 : 원자 흡광기를 이용한 건강한 한국인의 혈중 카드뮴 농도에 관한 연구, 대한산업의학회지, 25(4), 103~106, 1986.
- 10) 박정일, 노영만, 구정완, 이승환 : 원광분쇄작업장에서의 망간폭로, 대한산업의학회지, 3(1) 112~117, 1991.
- 11) Blumberg WE, Eisinger J, Lamola AA, Zuckerman DM : Zine protoporphyrin level in blood determination by a portable hematofluorometer: A screening device for lead poisoning. J. Lab Clin Med 7, 208~213, 1977.
- 12) McCann J, Choi E, Yamasaki E, and Ames B N : Detection of carcinogens as mutagens in the Salmonella/microsome test: Assay of 300 chemicals. Proc Nat Acad Sci, 72(12), 5132~5139, 1975.
- 13) NIOSH : NIOSH manual of analytical methods, Cincinnati, national institute for occupational safety and Health, 1984.
- 14) A. O. A. C. : Official method of analysis of the association of official analytical chemists, virginia, U.S.A., association of official analytical chemists, 1984.
- 15) 고현규, 김희강, 현용범 : 대기부유분진 중 Pb와 가로수 잎중 Pb와의 상관성에 관한 연구, 한국대기보전학회, 2(3), 1986.
- 16) 백남원, 이광목, 오세민 : 서울시 대기중의 연농도에 관한 조사, 한국산업의학회지, 14(2), 1987.
- 17) 이정오, 이종섭, 유일수 : 전북 지방 치과기공실 기중 및 치과 기공사의 노출 중금속 함량에 관한 연구, 한국환경위생학회지, 16(2), 97~103, 1990.
- 18) 노동부 : 근로자의 특수건강진단방법 및 직업병관리기준, 1989.
- 19) 정갑렬 : 직업성 연폭로가 혈압에 미치는 영향에 관한 조사연구, 대한산업의학회, 1(1), 70~83, 1989.

- 20) 김 현 : 한국인 체내 카드뮴 농도의 기하평균치와 참고치의 추정에 관한 연구, 대한산업의학회지, **3**(1), 85~87, 1991.
- 21) Cholak J, Hubbard DM : Determination of manganese in air and biological material. Am Ind. Hyg. Assoc J, **21**, 356, 1960.
- 22) 이병국, 김정만, 이광목, 조규상, 이은영, 조영선 : 연제련 작업자들에서의 연폭로에 관련된 생물학적 지표들의 상호관계, 대한산업의학회지, **23**(1), 1~7, 1984.
- 23) 황인담, 기노석, 이재형 : 일부 중소도시 기혼 여성의 혈액, 노중 중금속 함량 상관성에 관한 연구, 예방의학회지, **20**(1), 49~55, 1987.
- 24) 배은상, 김영환 : 일부 임신부 정맥혈관 태아 체내 혈중 카드뮴 농도에 관한 연구, 최신의학, **22**(8), 21~25, 1979.
- 25) Doctor's Data Inc. : P.O Box III, 30w, 101, roosevelt road, west chicago, Il 60, 185, U.S.A., 1978
- 26) 한돈희 : 모발중 Pb, Cu함량에 관한 폭로군 및 비폭로군 연구, 한국환경위생학회지, **13**(2), 52~63, 1987.
- 27) 조윤승, 한상욱, 조태웅 : 인체내 미량금속함량에 관한 조사연구, 국립환경연구원보, **11**, 153~170, 1989.
- 28) 차철환 : 혈액, 모발 및 노중 중금속함량에 관한 조사연구, 1978년도 정책과제 학술연구보고서, 1978.