

## 일부 산업보건기관들의 혈중연 분석치 비교

순천향대학교 산업의학연구소

안 규 동 · 이 병 국

— Abstract —

### Interlaboratory Comparison of Blood Lead Determination in Some Occupational Health Laboratories in Korea

Ahn Kyu Dong, Lee Byung Kook

*Institute of Industrial Medicine, Soonchunhyang University*

The reliable measurement of metal in biological media in human body is one of critical indicators for the proper evaluation of its toxic effect on human health. Recently in Korea the necessity of quality assurance of measurement in occupational health and occupational hygiene fields brought out regulatory quality control program. Lead is often used as a standard metal for the program in both fields of occupational health and hygiene. During last 20 years lead poisoning was prevalent in Korea and still is one of main heavy metal poisoning and the capability of the measurement of blood lead is one of prerequisites for institute of specialized occupational health in Korea. Furthermore blood lead is most important indicator to evaluate lead burden of human exposure to lead and the reliable and accurate analysis is most needed whenever possible. To evaluate the extent of the interlaboratory differences of blood lead measurement in several well-known institute specialized in occupational health in Korea, authors prepared 68 blood samples from two storage battery industries and all samples were divided into samples with 2 ml. One set of 68 samples were analyzed by authors's laboratory(Soonchunhyang University Institute of Industrial Medicine: SIIM) and 40 samples of other set were analyzed by C University Institute of Industrial Medicine(CIIM) and the rest 28 samples of other set were analyzed by Japanese institute(K Occupational Health Center:KOHC). Authors also prepared test bovine samples which were obtained from Japanese Federation of Occupational Health Organization (JFOHO) for quality control. Authors selected 2 other well-known occupational health laboratories and one laboratory specialized for instrumental analysis. A total of 6 laboratories joined the interlaboratory comparison of blood lead measurement and the results obtained were as follows:

1. There was no significant difference in average blood lead between SIIM and CIIM in different group of blood lead concentration, and the relative standard deviation of two laboratories was less than 3.0%. On the other hand, there was also no significant difference of average blood lead between SIIM and KOHC with relative standard deviation of 6.84% as maximum.

2. Taking less than 15% difference of mean or less than 6 ug/dl difference in below 40 ug/dl in

whole blood as a criteria of agreement of measurement between two laboratories, agreement rates were 87.5%(35/40) and 78.6%(22/28) between SIIM and CIIM, SIIM and KOHC respectively.

3. The correlation of blood lead between SIIM and CIIM was 0.975 ( $p=0.0001$ ) and the regression equation was  $SIIM = 2.19 + 0.9243 CIIM$ , whereas the correlation between SIIM and KOHC was 0.965( $p=0.0001$ ) with the equation of  $SIIM = 1.91 + 0.9794 KOHC$ .

4. Taking the reference value as a dependent variable and each of 6 laboratories's measurement value as a independent variable, the determination coefficient( $R^2$ ) of simple regression equations of blood lead measurement for bovine test samples were very high( $R^2>0.99$ ), and the regression coefficient( $\beta$ ) was between 0.972 and 1.15 which indicated fairly good agreement of measurement results.

### Key Words : Blood Lead, Reference Value

## 서 론

우리 나라의 산업보건 역사는 1962년 가톨릭 의과 대학 산업의학연구소의 설립에서 시작되었다고 보면 틀림이 없을 것이다(대한산업보건협회, 1993). 본격적 산업보건사업이 시작되면서 작업환경의 유해물질로 인한 공업중독증으로 연중독이 최초로 발견된 것도 이 연구소의 업적 중에 하나일 것이다. 60년대 중반 연중독을 발견할 당시의 혈중연을 분석하는 방법은 습식회화에 의한 dithizone 비색법(久保田重孝와 土屋健三郎, 1972)에 의존하였으며 이 방법은 이후 80년대 중반까지 연중독을 확인하는 과정에서 우리 나라의 대부분 산업보건 전문기관들이 사용하였다. 또한 이 방법은 현재도 미국 EPA에서는 혈중 및 요중연 분석에 reference method(EPA, 1986)로 인정하고 있으나 우리 나라에서는 전처리 과정의 시간 소요와 많은 양의 시약이 소모되므로 현재는 대부분의 분석 관계자들이 기피하고 있다. 1970년대 초 미국 등 선진국에서 사용하는 원자흡광광도계가 우리 나라에 도입되면서 간편하며 신속한 혈중연 분석(Frenandez, 1975)이 이루어질 수 있었으며 1980년대 후반에 들어서면서 대부분의 산업보건 전문기관들이 이 분석법을 채용하여 업무를 수행하고 있다. 그러나 혈중연 분석은 기기로 분석하든, 아니면 옛날 dithizone으로 비색을 하던 동일한 시료에서 어느 정도의 오차는 감수하여야 하며 아주 숙련된 분석자라도 최저 10%의 오차는 있을 수 있다고 한다(Selander와 Cramer, 1970).

혈중연의 분석은 연폭로자의 특수건강진단 또는 연폭로의 정도를 확인하는 생물학적 모니터링에 필

요하다. 그러나 생체시료의 분석이 1989년 아연도금 공장에 근무하던 근로자가 카드뮴 중독 판정을 받으면서 생체시료중 금속 분석치의 결과가 기관마다 달라서 분석의 어려움이 사회문제로까지 전하여 지면서 중독 판정을 받았던 근로자의 생체 시료를 미국, 일본 등으로 정밀한 분석을 위해 의뢰를 한 바도 있다. 이후 우리 나라도 생체시료의 분석을 위한 정도관리제도가 도입되어야 한다는 주장이 팽배하였다. 따라서 노동부는 1993년부터 작업환경측정기관(노동부, 1992)과 특수건강진단기관(노동부, 1992)둘에 대한 정도관리를 실시하여오고 있다. 현재 우리 나라의 특수건강진단기관이 혈중연 분석을 하였을 때 그 결과에 어느 정도 신뢰성을 줄 수 있는지는 정도관리를 실시하여온 기관에서 발표한 바 없어 전혀 추정이 불가능하다. 그러나 약 30 여년간의 산업보건사업을 하여오면서 그간 수많은 연중독 발생이 보고되었으며 이 분야의 연구도 타 유해물질에 비하여 압도적으로 많다. 그러나 연중독 최초의 발견이후 30 여년을 넘는 시점에서 아직도 산업보건분야에서 혈중연 분석 결과를 어느 정도 신뢰할 수 있을 지는 의문이다. 다만 현재까지는 혈중연을 분석하는 기관들이 자신의 실험실에서 분석하였던 시료를 그들이 믿을 수 있다고 생각되는 타기관에 보내어 그 결과를 받아본 후 부분적으로 자신들의 결과를 수정하던가, 또는 일본 및 구미에서의 정도관리 시료를 개인적으로 구입하여 비교하여 본 것이 고작이다.

1993년 생물학적 시료의 정도관리를 실시한 이후 산업보건 전문기관들의 분석능력은 많이 향상되었다고 말하고 있으나 정도관리를 수행하였던 기관으로부터 공식적인 합격여부의 통보만 있었을 뿐 전문가들의 분석 결과의 실상이 발표된 적은 없다.

실제로 혈중연의 분석은 아직까지도 동일 시료에 대한 기관간 분석결과와의 차이가 크며, 이런 결과가 건강진단에서 직업병 판정에 사용될 때 문제가 되는 경우를 종종 확인할 수 있다. 또한 근로자의 유해물질 폭로를 확인하기 위한 생물학적 모니터링은 현재 법적으로 보장된 수단은 아니지만 일부 기관에서 이를 실시하여 그 결과를 해당 사업장에 통보하고 있는 바 어느 하루의 단면조사로 이루어진 혈중연 분석결과로 직업병 판정 또는 근로자의 폭로정도를 평가한다는 것은 많은 문제를 일으킬 수 있다.

따라서 본 연구는 연폭로자들의 동일한 시료에 대한 분석 기관간의 결과의 차가 어느 정도이며 어떻게 분석할 때 가장 큰 차이가 나는가를 확인하기 위하여 몇 명의 전혈시료와 일본 정도관리용 시료를 몇 개의 기관에 의뢰함으로써 현재 우리 나라 산업보건 전문기관들의 단면적 실상을 알아보고자 하였다.

### 방법 및 재료

#### 대상기관

축전지 제조업의 연폭로 근로자 40명의 혈액시료를 분석한 기관은 본 연구 수행기관인 순천향대학교 산업의학연구소(SIIM)와 C대 산업의학연구소(CIIM), 또 다른 축전지 제조업에서 28명의 연폭로 근로자 혈액시료에 대하여는 순천향대학교 산업의학연구소와 일본 K노동위생기술센터(JOHC)에서 쌍으로 분석하였으며, 그리고 일본 정도관리용 혈액시료를 분석한 기관은 앞의 3개 기관과 국내의 정도관리 프로그램에 가입되어 있는 Y대 산업의학연구소(YOHI), D 연구소(DI), S대 환경보건학과(SEH) 등 모두 6개 기관에서 분석하였다.

#### 분석방법

분석대상기관의 분석기기와 온도프로그램은 표 1과 같다. 순천향대학교 산업의학연구소는 표준곡선은 표준액 첨가법, 전혈의 희석은 1% Triton X-100으로 10배 희석하여 분석하였다. C대 산업의학연구소와 Y 대학 산업의학연구소는 표준액 첨가법에 1% Triton X-100에 전체 농도가 1.0%-HNO<sub>3</sub>, 0.7%-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>가 되도록 하여 희석액으로 전혈을 10배 희석하였다. 일본 K노동위생기술센터는 0.5%-Triton X-100에 1.25%-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 되게 하여 희석액으로 하며 Normal curve법을 사용하였다.

D 연구소와 S 대학 환경보건과는 표준첨가법에 전혈의 희석은 1% Triton X-100으로 10배 희석하여 표준액 첨가법으로 분석하였다. 분석결과는 1개의 시료에 대하여 3 반복하여 평균한 값을 취하였다.

각 분석 기관별 원자흡광광도계의 형식 및 온도 프로그램은 표 1과 같다.

#### 통계처리

분석기관간의 평균 혈중연 농도 비교는 paired t-test를 하였으며 각 기관간의 결과는 순천향 산업의학연구소를 종속변수로 타기관들을 독립변수로 하여 단순 회귀식을 구하였다. 일본 정도관리시료 분석치에 대한 기관간의 비교도 공인값에 대한 단순회귀식을 구하였다.

#### 조사성적

표 2-1과 2-2는 국내의 모 축전지 제조업에서 연취급 근로자 40명과 또 다른 축전지 제조업에서 일반 및 연취급 근로자 28명 등 총 68명으로부터 혈액

표 1. 기관별 분석기기의 종류 및 온도 프로그램

기관명	분석기기	형식	온도 프로그램					
			dry 1	dry 2	ash 1	ash 2	atomizing	cleaning
SIIM	GFAAS	Zeeman	90	120	550	550	2000	2400
CIIM	GFAAS	D2 lamp	85	250	550	550	1800	2000
YOHI	GFAAS	D2 lamp	85	300	700	700	2300	2600
DI	GFAAS	SR	120	250	550	550	1800	2500
SEH	GFAAS	SR	120	250	550	550	1800	2500
JOHC	GFAA	S Zeeman	80	105	105	700	2000	2400

SR : Self Reverse(自己 反轉)

을 vacutainer에 2 ml씩, 한 쌍으로 채취하여 한 쌍중 1개는 순천향 산업의학연구소(SIIM)에서 분석하고, 나머지 쌍중 40개는 C대학 산업의학연구소(CIIM), 28개는 일본 K 노동위생기술센터(JOHC)에서 분석한 결과이다. 각 시료의 분석치 차를 평균하였을 때 분석기관간의 각 시료의 짝비교(paired t-test)는 유의한 차가 없었으며 ( $p>0.05$ ) 편차(RSD)도 국내 기관과는 3% 미만, 일본 기관과는 최고 6.8%인 것으로 나타났다.

표 3은 개별 시료에 대하여 앞의 두 분석기관간의 성적이 순천향 연구소의 결과와의 차가 15.0% 이내

또는 혈중연 40 ug/dl 이하인 농도에서 두 기관의 분석치가 6 ug/dl 이하인 것을 일치한다고 보았을 때의 일치율(OSHA, 1982)을 나타내었으며 C 대학 산업의학연구소와의 일치율은 87.5%, 일본 K 노동위생기술센터와는 78.6%인 것으로 나타났으며, 농도별로는 두 기관 모두 농도가 높아질 수록 일치율이 감소하는 것으로 나타났다.

표 4는 본 연구에서 의뢰하였던 시료에 대하여 국내 C 대학 산업의학연구소와 일본 K 노동위생기술센터의 결과들 간의 회귀방정식과 상관을 구하여 본 것이다. 본 연구의 결과를 종속변수로 C 대학 연구

표 2-1. 혈중연 농도별 순천향 연구소와 C대학 산업의학연구소와의 분석결과

PbBlevel ug/dl	no	SIIM(A)		CIIM(B)		A-B		RSD(%)	
		M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
-20.0	6	10.73	± 7.18	10.81	± 8.83	-0.08	± 3.34	1.91	± 30.98
20.1-40.0	16	28.82	± 5.68	29.66	± 7.59	-0.84	± 3.43	2.14	± 12.92
40.1-60.0	14	47.22	± 4.46	47.97	± 7.26	-0.74	± 7.22	1.91	± 15.85
60.1-	4	72.35	± 5.82	72.72	± 8.95	-0.37	± 3.47	0.27	± 4.66

paired t-test를 하였을때  $p>0.05$

표 2-2. 혈중연 농도별 순천향 연구소와 일본 K 노동위생기술센터의 분석결과

PbBlevel ug/dl	no	SIIM(A)		JOHC(B)		A-B		RSD(%)	
		M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
-20.0	6	11.15	± 6.03	9.98	± 5.56	1.16	± 2.55	6.84	± 23.16
20.1-40.0	16	32.26	± 6.14	32.08	± 7.77	0.18	± 5.07	0.43	± 14.29
40.1-60.0	14	51.91	± 5.55	48.95	± 5.71	2.96	± 5.72	5.17	± 11.31
60.1-	4	73.99	± 4.51	74.25	± 3.60	-0.26	± 0.90	0.38	± 1.24

paired t-test를 하였을때  $p>0.05$

표 3. 혈중연 농도별 분석치가 15% 이내 또는 40ug/dl 이하인 혈중연 시료에서 6ug/dl 이하인 일치율 빈도

lead level ug/dl	CIIM		Total	JOHC		Total
	15% 이상	15% 이하		15% 이상	15% 이하	
-20.0		6	6	1	7	8
		100.0		12.5	87.5	
20.1-40.0	1	15	16	2	8	10
	6.3	93.7		20.0	80.0	
40.1-60.0	4	10	14	3	5	8
	28.6	71.4	62.5			
60.1- 4	4	2	2			
100.0 100.0						
Total	5	35	40	6	22	28
	12.5	87.5	100.0	21.4	78.6	100.0

소와 일본 K 노동위생센터, 그리고 일본 정도관리 시료를 분석 의뢰하였던 결과를 독립변수로 하였을 때의 회귀식에서 C 대학과의 기울기는 0.9243, 상관은 0.974 ( $p < 0.0001$ )였으며, 일본과는 기울기 0.9794, 상관계수는 0.965 ( $p < 0.0001$ )로 나타났다.

표 5는 일본 노동위생단체연합회에서 일본내 94년도 외부 정도관리 프로그램에 가입한 200 여개의 산업보건 전문기관에 공급하는 시료 6개 (Bovine blood: A-F)를 구입하여 우리 나라 특수건강진단 정도관리 프로그램에 가입되어 있는 국내 순천향 산업의학연구소를 포함한 4개 기관과 일본 K 노동위생센터에서의 분석 결과를 나타낸 것이다.

일본의 공인 값은 95년 3월 10일 발표하였으나 94년도 12월 정도관리 시료를 분석하였던 경험이 있는 일본 K 노동위생기술센터는 본 조사에서 정도관리시료를 제공하면서 그중 1 set의 시료에 대해 개략적인 값을 아는 상태에서 1회만 분석하였으며, 국내에서 분석을 하였던 기관들은 공인 값을 모르는 상태에서 최종 분석치를 보고하여 준 날짜는 95년 3월 4일 이었다. 분석기관간의 분석결과가 다소간 차이는 있으며 공인 값과의 15% 이상의 편차를 가지는 경우는 있으나 40 ug/dl 이하의 저농도 혈액에서 공인 값으로부터 6 ug/dl 이상을 벗어난 경우는 없었다.

표 6은 일본 정도관리 시료 6개를 분석하였던 기관들의 보고된 값들 간의 단순회귀식을 나타낸 것으로 일본 정도관리 시료값에 대한 분석기관들의 값간 기울기 1.0에 대하여 대개 10% 정도의 차이를 나타

내는 것으로 나타났다. 또한 회귀식에 대한 설명력 (R<sup>2</sup>)도 99% 이상의 높은 값을 나타내었다.

## 고 찰

우리 나라 70 여개의 산업보건 전문기관들은 1993년 노동부로부터 정도관리 프로그램에 의무적 가입(노동부, 1992)이 시작되고부터 생체시료에 대한 분석 능력 배양에 많은 힘을 쏟아왔다. 그러나 정도관리를 주관하는 특수건강진단협의회 정도관리 위원회로부터 프로그램에 참여한 모든 전문기관 정도관리 성적을 정리하여 분석의 수준을 공표한 적은 없으므로 현재의 혈중연 분석의 능력이 어느 정도인지를 추정하기란 어렵다. 94년 말 노동부로부터 모연취급 사업장의(축산지 제조업) 보건진단을 실시한 모기관에서 보건진단을 위한 여러 가지 조사, 즉 작업환경측정 및 특수건강진단 수검상황과 80명 근로자를 대상으로 연폭포에 대한 생물학적 모니터링을

표 6. 각 기관별 분석치와 일본 공인값(R)에 대한 단순 회귀식

회귀식	R <sup>2</sup>	p-value
R=0.991SIIM + 0.854	0.996	0.0001
R=0.972CIIM - 0.174	0.996	0.0001
R=1.115SEH - 0.858	0.992	0.0001
R=1.106YOHI - 2.295	0.996	0.0001
R=1.026DI - 1.775	0.996	0.0001
R=1.153JOHC - 1.362	0.994	0.0001

표 4. 혈중연 분석에 대한 단순 회귀방정식과 상관계수

종속변수	독립변수	F-value	p-value	상관계수	p-value
SIIM =	0.9243 CIIM + 2.19	520.220	0.0001	0.974	0.0001
SIIM =	0.9794 JOHC + 1.91	490.948	0.0001	0.965	0.0001

표 5. 국내 산업보건 전문기관별 일본정도관리시료 분석결과(ug/dl)

시료번호	SIIM	CIIM	SEH	YOHI	DI	JOHC	공인값
A	5.0	4.8	6.9	5.8	4.5	4.3	4.6
B	5.3	7.4	8.2	8.0	11.1	6.8	7.4
C	22.6	21.4	16.6	22.0	22.4	21.1	21.9
D	24.7	29.3	25.2	27.7	28.6	25.3	27.3
E	48.6	51.9	44.8	46.7	48.5	45.0	47.7
F	70.8	72.0	64.9	65.5	71.3	61.2	71.7

실시하여 그 모니터링 결과에 따른 조치를 한 바 있다. 이 생물학적 모니터링 실시 후 약 10일 뒤에 순천향대학 산업의학연구소에서 특수건강진단을 하면서 생물학적 모니터링을 실시하였던 80명의 근로자들중 112명의 수검자중 두기관에서 혈중연 분석을 한 59명의 근로자의 혈중연 검사성적을 비교하여 본 바 앞의 생물학적 모니터링에서의 결과와는 크게 상이한 점이 발견되었다. 이 대상자들은 근무경력이 적게는 1년 미만에서 10년 이상인 근로자들로서 지속적인 연폭로자들이다. 이들의 혈중연량이 불과 10여일 사이 큰 차이가 나는 것으로 분석되면 두 가지 값중에 어느 하나는 오류일 가능성이 높다고 생각되었다. 따라서 본 연구는 이러한 차이가 어떻게 발생하는 가를 추적하기 위하여 본 연구에 착수한 것이다.

이 보건진단 대상 사업장은 순천향대학 산업의학연구소에서 약 7년간 보건관리를 하면서 매년 약 8-10회에 걸쳐 생물학적 모니터링(혈중연, 혈중 ZPP, 요중 ALA, 혈색소 등)과 2회에 걸친 특수건강진단을 하여왔다. 생물학적 모니터링은 현행 산업안전보건법에는 명문화되어있지 않은 것이나 유해물질 폭로집단에 대한 보건관리를 할 때에는 좋은 수단인 것으로 알려져 있다. 그러나 생물학적 모니터링이 잘못되어 폭로량이 과도한 것으로 나타되면 불필요한 조업감축이나 부서전환으로 생산성 감소의 원인이 될 수 있으며 과소 평가된 경우에는 실제 근로자의 폭로량으로 인한 인체의 영향이 무시될 수 있어 모니터링 항목의 정도관리가 필요한 것으로 생각된다.

장재연(1990)이 보고한 바에 따르면 혈액에 여러 수준의 연표준액을 첨가한 5개의 시료를 5개의 산업보건 전문기관에 분석의뢰한 결과 저농도의 시료에서는 상대표준편차가 100.3%, 고농도의 시료에서도 60.3% 였다고 보고한 바 있다. 그러한 결과를 토대로 그는 독성물질의 생물학적 모니터링은 현재의 수준에서 문제를 일으킬 수 있다고 주장하였다. 1992년 노동부는 정도관리를 노동부 고시(1992)로 정하여 1993년에 시행함으로써 이후 많은 산업보건 전문기관들은 새로운 방법의 정밀한 기기들을 구입하였고 산업위생사들에게 교육을 통한 분석능력을 상승시킨 효과를 가져왔다.

그러나 아직도 정도관리 프로그램에 가입한 특수

건강진단기관에서 연중독 판정을 받은 근로자가 타기관에서 재검사하는 경우 연중독이 아닌 것으로 판정되어 판정자와 분석자가 곤경을 당하는 사례를 종종 볼 수 있다. 이러한 사례는 일년에 불과 몇 건의 혈중연 분석을 하는 기관이 건강진단이나 생물학적 모니터링을 한 경우일 것으로 생각된다. 여하튼 이런 결과는 피검자에게도 피해가되며 검사기관의 신뢰성이 문제가 될 것이다.

일본은 전국 노동위생단체연합회가 주관하여 1987년부터 정도관리 프로그램을 운영하고 있다(Sakurai H, 1993). 이 프로그램에 가입하여 정도관리를 할 수 있는 생물학적 모니터링 시료의 종류는 10가지 종류로 각 종류별로 8개의 시료를 만들어 개별 기관에는 6개를 1 set로 하여 시료를 보낸다. 혈중연의 경우 92년 분석 값을 보고한 실험실 수는 59개(실제로 분석 값을 보고한 기관의 수이며 우송되는 기관 중에서 나머지는 의뢰분석을 함)로 100점 만점(점수 평가방법은 미확인)에 80점 이상을 얻은 실험실 수는 43개(73%)인 것으로 나타나있다. 80점 이상의 성적을 보고한 기관들의 각 시료별 평균 변이계수는 저농도 4개에서는 크고 고농도 4개에서는 적은 것으로 나타나있으며 최고 0.182에서 최저 0.039로 보고되어 있다.

본 조사에서 국내 C대학 산업의학연구소와의 분석 결과의 차가 15% 이내 또는 40 ug/dl 이하인 혈액에서의 차가 6 ug/dl 이하인 일치율(OSHA, 1982)은 87.5%였으며, 상대표준편차의 평균은 5% 미만인 것으로 확인되었고, 일본 K 노동위생기술센터와는 일치율이 78.6%, 상대표준편차의 평균은 최고 약 6%까지의 변이를 나타내고 있어 실제로 일본 전체의 변이수준 보다는 적은 것으로 나타났다. C대학 산업의학연구소는 미국 국립보건연구원(NIH)의 정도관리를 생체시료를 수차례 분석하여 그 결과를 보고한 바 좋은 판정 결과를 최선 받은 바 있어 순천향 산업의학연구소도 C대학 산업의학연구소와 외부 정도관리를 수차례 시행하여 동일 시료에 대한 차이를 보정하고 있다. 본 조사에서 일본의 외부 정도관리를 시료를 여러 기관에서 분석한 바로는 분석치 차이에 의한 연중독 판정 또는 생물학적 모니터링에서 폭로량 추정에 오류를 범할 만한 점을 발견할 수 없었으며 결과들 간의 상관도 아주 높은 것으로 나타났다.

현재 연중독 판정이나 생물학적 모니터링에서 사용하는 기준들은 과거 50년대부터 사용하여 오던 분석방법(dithizone method)에 의하여 정하여진 것으로 현재 세계적으로 사용되는 원자흡광도법과 분석결과에서 별다른 차이를 발견할 수 없으며 미국 EPA는 아직도 연분석에 dithizone method를 reference method로서 추천하고 있다. 그러나 최근 원자흡광도법에 회화과정이 시료중 납의 휘발이 다소 문제가 된다하여 여러 종류의 effect modifier를 첨가하는 것이 유행되고 있다(유광식과 권진기, 1992; Manning and Slavin, 1978; Shuttler and Delves, 1986; Subramanian, 1989). 특히 유광식과 권진기(1992)는 일본 전국 노동위생단체연합회가 91년 10월 실시한 정도관리 프로그램에 참가하여  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 를 modifier로 첨가하여 공인 값과 아주 유사한 결과가 나온 것을 보고한 바 있다. 그러나 본 연구에서는 modifier를 첨가하는 기관과의 결과가 사용하지 않는 기관과 별다른 차이를 확인할 수 없었다. 따라서 생물학적 모니터링이나 연중독 판정을 위한 혈중연의 분석은 정기적인 내부 정도관리와 실험실간의 외부 정도관리를 정기적으로 시행한다면 부분적인 계통오차가 있을 수 있으나 분석값에 의한 판정에 오류를 범할 정도는 아닐 것으로 생각된다. 아울러 외부 정도관리를 여러 기관이 참여하여 시행한다면 참여기관 전체의 계통오차를 발생하는 요인들을 찾아낼 수도 있을 것이다. 또한 연폭로자에 있어서 생물학적 모니터링 및 연중독 판정은 단순히 혈중연 분석결과만으로 판정하는 것이 오히려 문제가 될 수 있어 혈중 ZPP, 요중 d-ALA 배설량, 혈색소 등의 보완적인 검사가 추가되어야 직업병 판정이나 생물학적 모니터링의 목적에 합치되는 결과를 얻을 수 있을 것이다.

## 요 약

사람의 독성 영향을 평가하는 데는 생체 시료중 금속의 분석이 중요한 역할을 한다. 우리나라는 최근에 산업보건 분야에서 이 문제의 필요성이 제기되어 법적인 정도관리 제도를 도입하였다. 연은 특수건강 진단과 산업위생 정도관리 프로그램에서 표준적인 금속으로 이용된다. 과거 20 여년 동안 연중독은 중금속 중독중 발생율이 가장 높았으며 따라서 산업보

건 전문가들은 혈중연 분석의 능력은 필수적인 것으로 되어 왔다. 또한 혈중연은 연 폭로를 평가하는데 가장 중요한 지표이므로 신뢰성과 정확한 분석이 항상 요구된다. 따라서 본 연구는 우리나라에서 비교적 잘 알려진 산업보건기관에서 혈중연 분석의 실험실간 측정치의 변동을 평가하기 위하여 축전지 제조공장의 68명 연폭로 근로자로부터 2 ml씩 2개의 시료를 채취하여 그 하나는 순천향대 산업의학연구소(SIIM)에서 분석하고 40개의 시료는 C 대학 산업의학연구소(CIIM), 그리고 나머지 28개의 시료는 일본 K 노동위생기술센터(JOHC)에서 분석하여 비교하였으며, 한편 일본 전국노동위생연합회(JFOHO)에서 정도관리용 우혈을 농도별로 6종을 구입하여 우리나라 정도관리 프로그램에 참여하고 있는 C 대학 산업의학연구소, 일본 K 노동위생기술센터, Y 대학 산업의학연구소, S 대 환경보건과, D 연구소 등 6개 기관에서 분석한 결과를 비교하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 순천향대 산업의학연구소와 국내 C 대학 산업의학연구소간 혈중연 농도별 분석결과는 평균값에서 유의한 차이가 없었으며 상대표준편차도 3% 미만인 것으로 나타났으며, 일본 K 노동위생기술센터와는 평균값에서 역시 유의한 차가 없었으며 상대표준편차는 최고 6.84% 였다.

2. 순천향대 산업의학연구소와 국내 C 대학 산업의학연구소간 혈중연 농도별 분석결과가 15% 이하의 차이를 나타낸 시료의 수는 40개중 35개로 87.5%의 일치율을 나타내었으며, 일본 K 노동위생기술센터와는 28개 시료중 22개로 78.6%의 일치율을 나타내었다.

3. 순천향대 산업의학연구소의 결과를 종속변수로 그리고 국내 C 대학 산업의학연구소간의 분석치를 독립변수로 하였을 때 단순회귀식은 순천향 =  $2.19 + 0.9243$  C 대학 ( $p=0.0001$ ), 상관계수는  $r = 0.975$  ( $p=0.0001$ )였으며, 일본 기관과는 순천향 =  $1.91 + 0.9794$  K 일본 ( $p=0.0001$ ), 상관계수  $r = 0.965$  ( $p=0.0001$ )였다.

4. 일본 정도관리시료의 공인 값과 본 연구에서 이들 시료를 분석한 기관들 간의 분석치에 대한 단순회귀식의 설명력( $R^2$ )은 모두 0.99 이상이었으며 일본 정도관리 시료의 공인 값을 종속변수로 하고 국내 및 일본 기관들의 정도관리 시료 분석치를 독

립변수로 하였을 때 기울기는 0.972에서 1.153으로 전체적으로는 양호한 일치율을 나타내었다.

## REFERENCES

대한산업보건협회 : 대한산업보건협회 30 년사. 대한산업 보건협회. 1993  
노동부 : 노동부 고시 92-9호; 근로자 건강진단 실시기준. 노동부, 1992  
노동부 : 노동부 고시 92-18호; 작업환경측정에 관한 정도관리 규정. 노동부, 1992  
유광식, 권진기 : 흑연로 원자흡수분광법에 의한 혈중 납분 석시 매트릭스 변형제의 역할. 분석과학. 1992; 5(4): 349-358  
장재연 : 납 분석의 정도관리, 납 취급 근로자의 건강장해 세미나 보고서. 근로복지공사 직업병 연구소. 1990; 직 연보 13-90-2,  
久保田重孝, 土屋健三郎: 職業病檢診手技, 寫真による解説. 日本, 興生社出版部. 1972, 163-169  
EPA : *Air Quality Criteria for Lead. U.S.A, EPA, 1986, 1-65 - 1-75*  
Frenandez F : *Micromethod for lead determination in*

*whole blood by atomic absorption, with use of the graphite furnace. Clin Chem. 1975;21:558-561*  
Manning D.C and Slavin W : *Determination of lead in a chloride matrix with the graphite furnace. Anal Chem. 1978;50: 1234-8*  
Occupational Safety and Health Administration : *OSHA Criteria for Laboratory Proficiency in Blood Lead Analysis. Brief Communication. Archives of Environmental Health. 1982;37(1); 58-60*  
Sakurai H : *Quality assurance of biological monitoring in view of risk management. Int Arch Occup Environ Health. 1993;65:111-116*  
Selander S, Cramer K : *Interrelationships between lead in blood, lead in urine, and ALA in urine during lead work. Br J Ind Med. 1970;27:28-39*  
Shuttler IL, Delves HT : *Determination of lead in blood by atomic absorption spectrometry with electrothermal atomisation. Analyst. 1986; 111: 651-8*  
Subramanian KS : *Determination of lead in blood by graphite furnace atomic absorption spectrophotometry-A critique. The Science of the Total Environment. 1989;237-250*