

鉛取扱勤勞者の鉛暴露水準 및 血中  
Zinc Protoporphyrin 濃度

金 昌 英

서울大學校 保健大學院

Level of Lead in Air and Blood Zinc Protoporphyrin  
of Workers in Lead Plants

Chang Young Kim

*School of Public Health, Seoul National University*

ABSTRACT

For the purpose of estimating the working environment and the relationship between the airborne lead concentration and the ZPP level in the whole blood of the workers, the airborne lead concentrations and the ZPP level were measured at the 26 plants which deal with lead, from October 5 to November 5 in 1988.

Analysis of the airborne lead concentration was performed by NIOSH Method 7082, and the ZPP level was measured by a hematofluorometer.

The following results are concluded.

1. The average airborne lead concentration of the lead battery manufactures is  $0.025\text{mg}/\text{m}^3$  and that of the secondary lead smelters is  $0.023\text{mg}/\text{m}^3$ . There were no significant differences between industry ( $p>0.1$ )
2. At the lead battery manufacture, the process of lead powder production showed the highest concentration of  $0.034\text{mg}/\text{m}^3$ , but there were no significant differences among the processes ( $p>0.1$ ). At the secondary lead smelter, the process of dismantling waste batteries showed the highest concentration  $0.141\text{mg}/\text{m}^3$ , and there were very significant differences among the processes ( $p<0.005$ ).
3. The ZPP level in the whole blood showed significant differences between industry ( $p<0.10$ ). The average ZPP level of the lead battery manufactures is  $133.0 \pm 106.3\mu\text{g}/100\text{ml}$  and that of the secondary lead smelters is  $149.6 \pm 110.9\mu\text{g}/100\text{ml}$ .
4. The correlation coefficients between the airborne lead concentration and ZPP level were 0.426 ( $p<0.001$ ) for the lead battery manufactures and 0.484 ( $p<0.001$ ) for the secondary lead

smelters. The correlation coefficients between the work duration (in months) and the ZPP level were 0.238 ( $p < 0.001$ ) for the lead battery manufactures and 0.075 ( $p > 0.10$ ) for the secondary lead smelters.

5. The linear regression equation, with the airborne lead concentration as an independent variable and the ZPP level as a dependent variable, is  $Y = 96.84 + 1300.34X$  ( $r = 0.448$ ,  $p < 0.001$ ) for the 26 plants which deal with lead. The linear regression equation, with the work duration (in months) as an independent variable and the ZPP level as a dependent variable, is  $Y = 127.28 + 0.49X$  ( $r = 0.162$ ,  $p < 0.05$ ).
6. The correlation coefficients between the amount of inhaled lead and ZPP level were 0.349 ( $p < 0.001$ ) for the lead battery manufactures and 0.318 ( $p < 0.001$ ) for the secondary lead smelters. The linear regression equation for the 26 plants surveyed, with the amount of inhaled lead as an independent variable and ZPP level as a dependent variable, is  $Y = 123.63 + 18.82X$  ( $r = 0.335$ ,  $p < 0.001$ ).

## I. 緒 論

鉛은 기원전부터 鐘, 彩藥, 合金 등 다방면에 걸쳐 人類가 사용하여 왔으며 鉛을 精鍊, 加工하는 사람들 중에서 鉛 흄(fume)이나 粉塵의 吸入으로 인한 鉛 中毒이 發生된 사실은 히포크라테스(B.C 370)의 기록에도 나타나고 있다.<sup>1)</sup>

産業革命 이후 鉛의 使用量은 급증하여 鉛을 취급하는 勤勞者들에게서 鉛의 過多 露出으로 인한 鉛 中毒 症狀를 誘發하여 永久 障害 또는 死亡을 초래하는 등 심각한 社會的 問題로 대두되었다.<sup>5)</sup>

이에 따라 歐美 先進國에서는 많은 鉛 취급 事業場에서 工學的인 環境管理과 함께 적절한 勤勞者들의 健康管理을 誘導하므로써 최근에 와서 臨床적으로 重症인 鉛 中毒 환자를 찾아보기 힘들게 되어 鉛에 의한 健康障害 문제는 상대적으로 과거보다 감소하게 되었으나<sup>3,4)</sup> 아직까지도 가장 중요한 重金屬 中毒의 하나로써 문제가 되고 있다.

우리나라에서는 1972년 鉛 事業場 勤勞者들의 鉛 吸收에 따른 健康障害와 鉛 中毒 判定基準<sup>6)</sup>을 設定 한 이후 産業體와 學界에서 鉛 過다 暴露로 인한 鉛 中毒의 위험성을 인식하게 되었으나, 70년대 이후 급격한 경제 성장과 더불어 鉛 사용량도 계속 증가 추세에 있어서 鉛에 暴露되는 勤勞者의 수도 증대되어 현재에도 鉛에 의한 健康障害는 우리나라의 주요한 職業病의 하나로 알려져 있

다.

鉛에 의한 인체 영향은 造血機能의 障害, 胃腸系統의 障害, 神經肌肉系統의 障害 및 妊娠障害 뿐만 아니라, 動物實驗 結果 高濃度의 鉛 暴露時에 암을 誘發하기도 하는데,<sup>11)</sup> 이러한 인체영향중 鉛 暴露에 의한 量-反應關係(dose-response relationship)가 비교적 잘 설명이 되고 症狀발현전에 鉛 暴露의 정도를 알아내는데 도움을 주는 造血機能의 變化에 대한 研究가 활발하게 進行되고 있다.<sup>4)</sup>

최근에는 鉛 취급 事業場 勤勞者의 鉛 中毒 豫防과 早期 發見을 위하여 측정이 簡便하고 迅速하며 고도의 技術을 요하지 않으면서도 鉛 中毒정도를 정확히 대변해 주는 指標중의 하나로 血中 Zinc Protoporphyrin(ZPP) 濃度 測定 方法이 많이 이용되고 있다.<sup>2,8,9)</sup>

그러나 국내에서는 현재까지 血中 ZPP測定이 보편화되어 있지 않을 뿐 아니라 作業環境 程度에 따른 血中ZPP濃度 變化에 대한 研究는 거의 이루어져 있지 않은 실정이다.

따라서 本 調査의 目的은 다량의 鉛을 취급하고 있는 鉛 事業場의 空氣中 鉛濃度와 勤勞者의 血中 ZPP 濃度を 조사하여 근로자의 鉛 暴露實態를 파악하고 作業環境과 血中 ZPP 濃度와의 關係를 分析하여 鉛粉塵 暴露에 대한 豫防對策과 鉛취급 事業場 勤勞者의 健康保護를 위한 計劃樹立에 필요한 基礎資料를 제공함에 있다.

定하였다.

## II. 調査對象 및 方法

### 1. 調査對象

本 調査는 1988년 10월 5일부터 11월 5일까지 우리나라 鉛취급 事業場중 다량의 鉛을 취급하는 鉛 蓄電池 製造業體 10개소, 2次 鉛製鍊業體 16개소를 業種別, 工程別로 나누어 空氣中 鉛 濃度를 測定하였다.

또한 血中 ZPP檢査는 전체 대상 사업장 26개소 중 측정이 가능한 19개 事業場 勤勞者중에서 鉛취급부서에 근무하는 勤勞者 395명을 대상으로 실시하였다.

### 2. 調査方法

#### 1) 空氣中 鉛 粉塵 濃度

Filter Holder에 직경 37mm Membrane Filter(pore size 0.8 $\mu$ m)를 사용하여 1.5~2.0 lpm의 流量으로 각 工程別로 1.5m의 높이에 勤勞者의 호흡위치와 가깝게 Handy Sampler(Kimoto Electric Co. Ltd.)를 장착시켜 100분간 시료를 포집하였다.

포집된 시료의 Filter는 모두 산처리하여 美國 産業安全保健研究所(National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH)의 "NIOSH Method 7082"방법<sup>10)</sup>으로 Atomic Absorption Spectrophotometer(IL 551, Instrumentation Lab., USA)를 이용하여 분석하였다.

#### 2) 勤勞者의 血中 Zinc Protoporphyrin 濃度

근로자의 血中 ZPP 濃度는 Hemotofluorometer(Buchler Hematoflour ZP)를 이용하여 각 근로자의 손가락 끝에서 血液을 채취하여 Hematofluorometer법<sup>2)</sup>에 의하여 Zinc Protoporphyrin 형광 스펙트럼인 424nm에서 ZPP濃度를 測

## III. 結果 및 考察

### 1. 空氣中 鉛 濃度

鉛은 우리 生活 週邊에 널리 분포되어 있으며, 日常生活을 통하여 흙, 물, 공기, 음식물 등에 함유된 鉛과 접촉하고 있으나 그 量이 微量이므로 체내에 흡수된 鉛은 大腸 또는 腎臟과 汗腺을 통하여 배설되고 체내에서 蓄積되지 않으므로 人體에 미치는 영향은 의의를 갖지 못한다.<sup>6,11)</sup>

그러나 鉛 蓄電池 製造業體등 鉛을 다량 취급하는 事業場에 종사하는 勤勞者들은 金屬鉛 및 그 化合物의 粉塵 또는 흄(fume)을 吸入하거나 經口的으로 섭취하게 되어 健康障害를 일으키게 된다.

空氣中 粉塵이나 粒子狀 物質은 對數 正規 分布(lognormal distribution)를 한다고 보고되어 있으며,<sup>12,13)</sup>本 調査 結果 얻은 空氣中 鉛 濃度도 대표값은 幾何平均(geometric mean, GM)으로, 散布度는 幾何標準偏差(geometric standard deviation, GSD)로 계산하였다.

#### 1) 業種別 空氣中 鉛 濃度

本 調査의 鉛 蓄電池 製造業體 10개소에서 채취한 試料 107개와 2차 鉛 製鍊業體 16개소에서 채취한 66개의 試料를 分析하여 얻은 結果를 業種別로 구분하여 Table 1에 나타내었다.

鉛 蓄電池 製造業體와 2次 鉛製鍊業體의 空氣中 平均 鉛 濃度는 각각 0.025mg/m<sup>3</sup>, 0.021mg/m<sup>3</sup>로 나타났으며 業種別 空氣中 鉛 濃度에 대한 統計 分析 結果 유의한 차이가 없었다(p>0.1).

이것은 이<sup>21)</sup>와 오<sup>19)</sup>가 보고한 鉛 蓄電池 製造業體의 平均 濃度 0.07~0.38mg/m<sup>3</sup>, 0.047~0.683 mg/m<sup>3</sup>나 이, 백<sup>22)</sup>의 鉛蓄電池 製造業體의 空氣中 鉛 濃度 0.64~0.72mg/m<sup>3</sup>에 비해 매우 낮은 濃度

Table 1. Airborne lead concentrations by industry

Industry	No. of samples	Airborne lead concentration(mg/m <sup>3</sup> )		G.S.D
		Range	G.M.	
Battery manufacture	107	0.002 ~ 0.67	0.025	3.35
Lead smelter	66	0.002 ~ 0.60	0.021	2.41
Total	173	0.002 ~ 0.60	0.023	3.18

를 나타내고 있는데 반해, Chavalitnitikul등<sup>14)</sup>의鉛蓄電池製造業體의空氣中鉛濃度0.002~0.165mg/m<sup>3</sup>에 비해서는 약간 높은 값을 나타내었다.

## 2) 工程別 空氣中 鉛 濃度

本 調査 結果 鉛 蓄電池 製造業體의 경우 鉛粉製造工程중의 空氣中 鉛 濃度 範圍는 0.003~0.67 mg/m<sup>3</sup>, 平均濃度는 0.034mg/m<sup>3</sup>로 가장 높게 나타났고, 鑄造工程의 濃度 範圍는 0.002~0.20mg/m<sup>3</sup>, 平均濃度는 0.015mg/m<sup>3</sup>로서 가장 낮았다. 이 값을 勞動部의 許容 基準值인 0.05mg/m<sup>3</sup>와 비교하여 볼 때 各 工程에서 國부적으로 許容基準을 超過하고 있으나 전반적으로 許容 基準值이하의 水準을 보이고 있다.

空氣中 鉛 濃度에 대한 各 工程別 測定值는 Table 2와 같으며, 이를 統計 分析한 結果 各 工程間의 鉛 濃度 사이에는 有意한 差이 없었다(p>0.1).

또한 2次 鉛製鍊業의 경우는 폐축전지 解體工程의 空氣中 鉛 濃度의 範圍가 0.05~0.60mg/m<sup>3</sup>, 平均濃度는 0.14mg/m<sup>3</sup>로 가장 높게 나타났으며, 製

鍊工程의 濃度範圍는 0.003~0.07mg/m<sup>3</sup>이었으며, 平均濃度는 0.016mg/m<sup>3</sup>로서 가장 낮았다.

2次 鉛 製鍊業體의 各 工程別 空氣中 鉛 濃度는 Table 3과 같으며, 이들에 대한 統計 分析 結果 各 工程間에는 매우 有意한 差이 있었다(p<0.005).

폐 축전지 解體工程에서 空氣中 鉛 濃度가 특히 높은 것은 解體作業이 주로 手動으로 이루어지고 있었으며, 粉塵 發生이 심한데 비해 換氣施設 등이 他工程에 비해 미흡했던 것으로 思料된다.

## 2. 勤勞者의 血中 Zinc Protoporphyrin 濃度

鉛 中毒을 診斷하는데는 勤勞者의 職歷, 事業場의 作業條件 및 作業 環境, 臨床所見뿐만 아니라 血中 鉛 (lead in blood, PbB), 尿中 鉛(lead in urine), Hemoglobin (Hb), ALAU( $\delta$ -aminolevulinic acid in urine), ALAD( $\delta$ -aminolevulinic acid dehydratase), CPU(corprophyrin in urine)등 여러가지 生物學的 資料를 이용하는데, 특히 血中 鉛量(PbB)은 대표적 인 吸收指標로서 가장 많이 이용되고 있으나, 이

Table 2. Airborne lead concentrations in the battery manufacture by working process

Working process	No. of samples	Airborne lead concentration(mg/m <sup>3</sup> )		G.S.D.
		Range	G.M.	
Casting	26	0.002 ~ 0.20	0.015	2.52
Lead powder production	15	0.003 ~ 0.67	0.034	4.89
Plate pasting	9	0.003 ~ 0.10	0.025	3.16
Hydrosetting	13	0.010 ~ 0.18	0.028	3.63
Assembly	44	0.010 ~ 0.33	0.031	3.05
Total	107	0.002 ~ 0.67	0.025	3.35

(P-value > 0.1)

Table 3. Airborne lead concentrations in the lead smelter by working process

Working process	No. of samples	Airborne lead concentration(mg/m <sup>3</sup> )		G.S.D.
		Range	G.M.	
Dismanting	6	0.050 ~ 0.60	0.141	1.04
Smelting	27	0.003 ~ 0.07	0.016	1.98
Refining	33	0.002 ~ 0.09	0.019	2.84
Total	66	0.002 ~ 0.60	0.023	2.41

P-value < 0.005

는 測定時 고도의 技術과 고가의 裝備 및 試料의 保存 등에 세심한 주의가 要求될 뿐만 아니라, 勤勞者들이 비교적 낮은 鉛 濃도에 暴露된 경우 鉛 暴露, 鉛의 체내 蓄積 및 鉛中毒 症狀의 발현과 程度를 정확히 반영하지 못한다고 하여 鉛 暴露와 鉛 吸收에 대한 人體 反應을 모니터링하는 血中 鉛 이외의 生物學的 指標에 대한 研究가 활발하게 進行되어 왔다.

최근에 血中 ZPP 濃도가 다른 生物學的 指標에 비해 鉛 暴露의 程度, 鉛의 體內蓄積 내지 鉛中毒의 症狀 및 血中 鉛과의 相關性이 매우 높다고<sup>8,9, 15-17)</sup>하여 鉛 취급 勤勞者 혹은 慢性 鉛中毒者에 대한 screening test로써 血中 ZPP 濃도를 測定하는 것이 바람직하다고 하여 많이 이용되고 있다.

本 調査는 5개 鉛蓄電池 製造業體 勤勞者 224명 과, 14개 2次 鉛製鍊業體 勤勞者 171명, 총 395명 에 대한 勤續年數와 더불어 血中 ZPP 濃도를 測定하였다.

### 1) 業種別 勤勞者의 血中 Zinc Protoporphyrin 濃度

Table 4에서 보듯이 鉛 蓄電池 製造業이  $133.0 \pm 106.3 \mu\text{g}/100\text{ml}$ 이었고, 2次 鉛 製鍊業이  $149.6 \pm 110.9 \mu\text{g}/100\text{ml}$ 로서 統計學的으로 유의한 차이가 있었으며( $p < 0.10$ ), Horiguchi등의 2次 鉛 製鍊業體 勤勞者의 血中 平均 ZPP 濃度  $97.0 \pm 76.6 \mu\text{g}/100\text{ml}$ 나 오의 鉛 蓄電池 製造業體 勤勞者의 平均 ZPP 濃度  $71.5 \pm 72.4 \mu\text{g}/100\text{ml}$ 에 비해 다소 높으며, 이 등<sup>17)</sup>의 鉛製鍊 作業者들에서의 血中 ZPP 濃度  $134.4 \pm 102.1 \mu\text{g}/100\text{ml}$ 와는 비슷한 수준을 나타내었다.

### 2) 勤續年數別 勤勞者의 血中 Zinc Protoporphyrin 濃度

勤續年數別 勤勞者의 血中 ZPP 濃度 分布를 Table 5에서 보면 鉛 蓄電池 製造業體의 경우 勤屬年數가 12個月 미만인 勤勞者 91명중 22명(24.2%)만이  $150 \mu\text{g}/100\text{ml}$ 를 超過하는 반면에 61個月 이상 勤勞者 21명 중에서는 12명(57.1%)이  $150$

Table 4. Work duration and ZPP level of the lead-dealing wokers examined

Industry	No. of workers examined	Work duration (month)		ZPP level ( $\mu\text{g}/100\text{ml}$ )	
		Range	Mean $\pm$ S.D.	Range	Mean $\pm$ S.D.
Battery Manufacture	224	1~298	$26.3 \pm 34.6$	0~512	$133.0 \pm 106.3$
Lead smelter	171	1~370	$25.9 \pm 37.0$	0~387	$149.6 \pm 110.9$
Total	395	1~370	$26.2 \pm 35.7$	0~512	$140.2 \pm 108.6$

Table 5. Distribution of ZPP levels of the lead-dealing workers by work duration

Industry	Work duration (Months)	Frequency by ZPP level (persons)				Total
		0~49	50~149	150~249	250 $\leq$	
Battery manufacture	1~12	42	27	12	10	91
	13~24	13	21	13	9	56
	25~60	6	22	17	11	56
	61 $\leq$	3	6	7	5	21
	Subtotal	64	76	49	35	224
Lead smelter	1~12	22	18	20	8	68
	13~24	8	11	12	18	49
	25~60	8	13	9	8	38
	61 $\leq$	4	4	4	4	16
	Subtotal	42	46	45	38	171
Total		106	122	94	73	395

$\mu\text{g}/100\text{ml}$ 를 超過하고 있으며 2次 鉛 製鍊業의 경우에는 勤續年數 12個月 미만인 勤勞者 68명 중에서는 28명(41.1%)만이  $150 \mu\text{g}/100\text{ml}$ 를 초과하였으나, 6個月이상 勤勞者의 경우 16명중 8명(50.0%)이  $150 \mu\text{g}/100\text{ml}$ 를 超過하고 있는 것으로 나타나 勤屬 年數가 길수록 血中 ZPP 濃度가 높은 勤勞者의 分布가 增加함을 알 수가 있다.

### 3) 空氣中 鉛濃度別 勤勞者의 血中 Zinc Protoporphyrin 濃度

空氣中 鉛 濃度別 勤勞者의 血中 ZPP 濃度分布를 보면(Table 6) 鉛 蓄電池 製造業의 경우 空氣中 鉛 濃度가  $0.009\text{mg}/\text{m}^3$ 이하에서 血中 ZPP 濃度 선별한계인  $150 \mu\text{g}/100\text{ml}$ 를 초과하는 勤勞者 數는 26명중 2명(7.7%), 空氣中 鉛 濃度  $0.010\sim 0.029\text{mg}/\text{m}^3$ 에서는 115명중 29명(25.2%)뿐이나, 空氣中 鉛의 許容濃度인  $0.05\text{mg}/\text{m}^3$ 을 넘는 鉛 濃度에서는 63명중 42명(66.6%)의 근로자가  $150 \mu\text{g}/100\text{ml}$ 를 초과하였다.

또한 2次 鉛製鍊業의 경우에도 空氣中 鉛 濃度가  $0.009\text{mg}/\text{m}^3$ 이하에서는 33명중 2명(6.1%)만이,  $0.010\sim 0.029\text{mg}/\text{m}^3$ 에서는 75명중 30명(40.0%)만이  $150 \mu\text{g}/100\text{ml}$ 를 초과한 반면에 空氣中 鉛 濃度가  $0.05\text{mg}/\text{m}^3$ 이상에서는 24명의 근로자중 23명(95.8%)이  $150 \mu\text{g}/100\text{ml}$ 를 초과하여 空氣中 鉛 濃度와 血中 ZPP濃度와는 밀접한 관계가 있음을 알 수 있었다.

3. 空氣中 鉛濃度, 勤續年數와 勤勞者 血中 Zinc Protoporphyrin 濃度사이의 相關關係  
 空氣中 鉛 濃度 및 勤續年數는 血中 鉛이나 血中 ZPP와 量-反應關係(dose-response relationship)가 있는 매우 중요한 요인으로써 많은 사람들이 이에 대한 연구를 해왔다. Chavalitnitikul등<sup>14)</sup>은 鉛 蓄電池 製造業體 勤勞者의 鉛暴露程度에 관한 연구에서 血中 鉛 濃度는 단지 최근에 鉛 暴露量을 반영하는데 반해 血中 ZPP 濃度는 鉛 中毒상태를 반영하는 것으로 효과가 늦게 나타나며 오랜기간 지속되고, 空氣中 鉛濃度와 血中 ZPP와 의 사이에 유의한 相關關係가 있으며( $r=0.729$ ,  $p<0.005$ ), 血中 鉛과 勤續年數 사이에도 약한 相關關係가 있다고 하였다( $r=0.52$ ). Lilis등<sup>15)</sup>은 血中 ZPP 濃度와 勤續年數 사이에는 유의한 相關關係가 있다고 하였으나( $r=0.335$ ), 오<sup>16)</sup>는 血中 鉛이나 空氣中 鉛 濃度는 血中 ZPP 濃度의 變化에 영향을 미치나 勤續年數는 관련이 없다고 하였으며(空氣中 鉛 濃度와 血中 ZPP 濃度와의 相關係數  $r=0.4014$ , 회귀방정식  $Y=50.22+84.40X$ ), 이 등<sup>17)</sup>은 血中 ZPP 濃度와 勤續年數 사이에는 相關關係( $r=0.125$ )가 거의 없는 것으로 보고 하였다.

本 調査에서도 業種別로 空氣中 鉛 濃度와 勤續年數에 대해 각각 勤勞者의 血中 ZPP 濃度와의

Table 6. Distribution of ZPP levels of the lead-dealing workers by airborne lead concentrations

Industry	Airborne lead conc. ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	Frequency by ZPP level(persons)				Total
		0~49	50~149	150~249	250≤	
Batty manufacture	<0.010	13	11	2	0	26
	0.010~0.029	37	49	21	8	115
	0.030~0.049	3	6	5	6	20
	0.050≤	11	10	21	21	63
	Subtotal	64	76	49	35	224
Lead smelter	<0.010	24	7	2	0	33
	0.010~0.029	15	30	21	9	75
	0.030~0.049	3	8	14	14	39
	0.050≤	0	1	8	15	24
	Subtotal	42	46	45	38	171
Total		106	122	94	73	395

단순 선형 회귀분석(simple linear regression analysis)한 결과 空氣中 鉛 濃度와 勤勞者의 血中 ZPP 濃度와의 相關係數는 鉛蓄電池 製造業에서  $r=0.426(p<0.001)$ , 2次 鉛製鍊業에서  $r=0.484(p<0.001)$ 의 비교적 높은 相關關係를 보인 반면에 勤續年數와 血中 ZPP 濃度와의 相關係數는 鉛蓄電池 製造業에서  $r=0.238(p<0.001)$ , 2次 鉛製鍊業에서  $r=0.075(p>0.1)$ 로 相關關係가 매우 낮거나 거의 없는 것으로 나타났다.

Table 7 및 Table 8에서 보듯이 本 調査 結果 鉛 취급事業場의 空氣中 鉛 濃度를 獨立變數로 하고 勤勞者의 血中 ZPP 濃度를 縱屬變數로 한 1차 회귀방정식은  $Y=96.84+1300.34 X$  ( $r=0.$

448,  $P<0.001$ )이었으며, 勤續年數를 獨立變數로 하고 血中 ZPP 濃度를 縱屬變數로 한 1차 회귀방정식은  $Y=127.28+0.49 X$  ( $r=0.162, P<0.05$ )이었다.

또한 鉛의 暴露濃度와 暴露期間의 곱으로 표시되는 人體내 吸入量(dose)과 血中 ZPP 濃度와의 相關關係를 檢討하여 Table 9에 나타내었다.

鉛의 人體내 吸入量을 獨立變數로 하고 血中 ZPP 濃度를 縱屬變數로 한 1차 회귀방정식은 鉛蓄電池 製造業에서  $Y=116.59+19.22 X$  ( $r=0.349, p<0.001$ ), 2次 鉛製鍊業에서  $Y=132.93+18.20 X$  ( $r=0.318, p<0.001$ )이었으며, 全體의으로 보면  $Y=123.63+18.82 X$  ( $r=0.335, p<0.$

Table 7. Regression analysis of airborne lead concentrations vs ZPP level

Industry	Airborne lead concentration vs. ZPP level		
	r*	Regression Equation**	p-value
Battery manufacture	0.426	$Y= 81.34 + 1,581.72 X$	$p < 0.001$
Lead smelter	0.484	$Y= 110.08 + 1,154.81 X$	$p < 0.001$
Total	0.448	$Y= 96.84 + 1,300.34 X$	$p < 0.001$

\* r : Correlation coefficient

\*\* X : Airborne lead concentration(mg/m<sup>3</sup>)

Y : ZPP level(μg/100ml)

Table 8. Regression analysis of work duration vs ZPP level

Industry	Work duration vs ZPP level		
	r	Regression Equation*	p-value
Battery manufacture	0.238	$Y= 113.78 + 0.73 X$	$p < 0.001$
Lead smelter	0.075	$Y= 143.75 + 0.23 X$	$p < 0.001$
Total	0.162	$Y= 127.28 + 0.49 X$	$p < 0.05$

\*X : Work duration(months)

Y : ZPP level(μg/100ml)

Table 9. Regression analysis of does(Airborne lead concentration×work duration) vs ZPP level

Industry	Dose vs ZPP level		p-value
	r	Regression Equation*	
Battery manufacture	0.349	$Y= 116.59 + 19.22 X$	$p < 0.001$
Lead smelter	0.318	$Y= 132.93 + 18.20 X$	$p < 0.001$
Total	0.335	$Y= 123.63 + 18.82 X$	$p < 0.001$

\*X : Dose(month · mg/m<sup>3</sup>)

Y : ZPP level(μg/100ml)

001)이었다.

#### IV. 結 論

鉛 취급事業場 26개소를 대상으로 하여 業種別로 作業工程 空氣中 鉛 濃도와 勤勞者의 血中 ZPP 濃度を 측정하여 作業環境實態 파악과 作業環境과 血中 ZPP와의 相關關係를 구하기 위해 1988년 10월 5일부터 11월 5일까지 本 調査를 실시한 결과 얻은 結論은 다음과 같다.

1. 空氣中 平均 鉛濃도는 鉛蓄電池 製造業이  $0.025\text{mg}/\text{m}^3$ , 2차 鉛 製鍊業이  $0.023\text{mg}/\text{m}^3$ 으로, 업종간에 유의한 차이가 없었다( $p>0.1$ ).

2. 工程別 空氣中 鉛濃도는 鉛蓄電池 製造業의 鉛粉製造工程이  $0.034\text{mg}/\text{m}^3$ 로 가장 높은 수준을 보였으나 工程間에 유의한 차이는 없었으며( $p>0.1$ ), 2차 鉛製鍊業에서는 폐축전지 解體工程이  $0.141\text{mg}/\text{m}^3$ 로 가장 높게 나타났으며, 각 工程間에 매우 유의한 차이가 있었다( $p<0.005$ ).

3. 勤勞者의 血中 ZPP 濃도는 鉛蓄電池 製造業이  $133.0 \pm 106.3 \mu\text{g}/100\text{ml}$ , 2차 鉛製鍊業이  $149.6 \pm 110.9 \mu\text{g}/100\text{ml}$ 로 業種間에 유의한 차이가 있었으며 ( $p<0.10$ ), 鉛蓄電池 製造業에서는 規模間에 유의한 차이가 있었으나( $p<0.05$ ), 2차 鉛製鍊業에서는 規模間에 유의한 차이는 없었다( $p>0.10$ ).

4. 空氣中 鉛 濃도와 血中 ZPP 濃도와의 相關係數는 鉛蓄電池 製造業에서  $r=0.426$  ( $p<0.001$ ), 2차 鉛製鍊業에서는  $r=0.484$  ( $p<0.001$ )로 비교적 높은 相關關係를 보인 반면, 勤續年數와 血中 ZPP 濃도와의 相關係數는 鉛蓄電池 製造業에서  $r=0.238$  ( $p<0.001$ ), 2차 鉛製鍊業에서  $r=0.75$  ( $p>0.01$ )로 相關關係가 매우 낮거나 거의 없었다.

5. 鉛 취급事業場의 空氣中 鉛 濃도를 獨立變數로 하고 勤勞者의 血中 ZPP 濃도를 縱屬變數로 한 1차 회귀방정식은  $Y=96.84+1300.34 X$  ( $r=0.448$ ,  $p<0.001$ )이며 勤續年數를 獨立變數로, 血中 ZPP 濃도를 縱屬變數로 한 1차 회귀방정식은  $Y=127.28+0.49 X$  ( $r=0.162$ ,  $p<0.05$ )이었다.

6. 鉛의 인체내 吸入量과 血中 ZPP 濃도와의 相關係數는 鉛蓄電池 製造業에서  $r=0.349$  ( $p<$

$0.001$ ), 2차 鉛製鍊業에서  $r=0.318$  ( $p<0.001$ )이었으며, 전체 鉛취급 事業場에서의 鉛 吸入量を 獨立變數로 하고 勤勞者의 血中 ZPP 濃도를 縱屬變數로 한 1차 회귀방정식은  $Y=123.63+18.82 X$  ( $r=0.335$ ,  $p<0.001$ )이었다.

#### 參 考 文 獻

- 1) Hunter, D. : The Diseases of Occupation, 3rd Ed, 218~230, The English Universities Press, London, 1962.
- 2) Blumberg, W.E., Eisinger, J., Lamola, A.A. & Zuckerman, D.M. : Zinc Protoporphyrin Level in Blood determined by a Portable Hematofluorometer, A Screening Device for Lead Poisoning, J. Lab. Clin. Med. 89, 712~723, 1977.
- 3) Malcolm, D. : Prevention of Long-term Sequelae following the Absorption of lead, Arch. Environ. Health, 23, 292~298, 1971.
- 4) World Health Organization : Environmental Health Criteria, 3, Lead, Geneva, WHO, 1977.
- 5) Legge, T. M. : Industrial Lead Poisoning, J. Hyg., 1, 96~108, 1961.
- 6) 정규철, 이광목 등 : 한국인의 연흡수에 의한 건강장해도의 판정기준에 관한 연구보고서, 노동청, 1972.
- 7) Robert, D. Putnam : Riview of Toxicology of Inorganic Lead, Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 47(11), 700~703, 1986.
- 8) Angelo A. Lamola, Morris M. Joselow, T. Yamane : Zinc Protoporphyrin(ZPP), A Simple, Sensitive Fluorometric Screening Test for Lead Poisoning, Clin. Chem., 21 (1), 93~97, 1975.
- 9) Morris M. Joselow, Jorge Flores : Application of the Zinc Protoporphyrin(ZP) Test as a Monitor of Occupational Exposure to Lead, Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 38(2), 63~68, 1977.
- 10) National Institute for Occupational Safety



- and Health(NIOSH) : Lead, Method No. 7082, HIOSH Manual of Analytical Methods, 3rd Ed., DHHS(HIOSH) Publication No. 80~100, Cincinnati, OH, 1984.
- 11) Kohoe, R. A. : Nomal Metabolism of Lead, Arch. Environ. Health, 8, 232, 1964.
  - 12) Leidel, N. A., K. A. Busch, J. R. Lyncy, Occupational Exposure Sampling Strategy Manual, DHEW(NIOSH) Publication No. 77~173, Cincinnati, OH, 1977.
  - 13) Saltzman, B. E. : Simplified Method for Statistical Interpretation of Monitoring Data, Air Poll. Control Assoc. J., 22, 90~95, 1972.
  - 14) Chaiyuth Chavalitnitikul, Lester Levin, Lung-Chi Chen : Study and Models of Total Lead Exposure of Battery Workers, Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 45(12), 802~808, 1984.
  - 15) 김정만, 이세훈, 이은영, 조영선 : 연제련 근로자들의 만성적 연폭로에 관한 연구, 한국의 산업의학, 제24권 제1호, 10~19, 1985.
  - 16) 김정만, 이광목 : 연폭로의 생물학적 지표로서 혈중 Zinc Protoporphyrin치의 의의, 카톨릭 대학 의학부 논문집, 37, 939~951, 1984.
  - 17) 이병국, 김정만, 이광목, 조규상, 이은영, 조영선 : 연제련 작업자들에서의 연폭로에 관련된 생물학적 지표들의 상호 관계, 한국의 산업의학, 제23권 제1호, 1~7, 1984.
  - 18) Lilis R., Alf Fischbein, Henry A. Anderson, et al : Lead Effects among Secondary Lead Smelter Workers with Blood Lead Levels below 80  $\mu\text{g}/100\text{ml}$ , Arch. of Environ. Health, 11/12, 256~266, 1977.
  - 19) 오세민 : Zinc Protoporphyrin을 이용한 공기 중 연의 허용농도 추정에 관한 연구, 중앙대학교 박사학위 논문, 1987.
  - 20) Shunichi Horiguchi, Toshio Kawaki, Hiroo Nakano, Keiko Tekamoto : Measurement of Zinc Protoporphyrin in Erythrocyte as a Screening Test on Lead Workers, Osaka City Med. J., Vol. 37~13, 437~446, 1981.
  - 21) B. K. Lee : Occupational Lead Exposure of Storage Battery Workers in Korea, Brit. J. Industr. Med., 39, 283~289, 1982.
  - 22) 이광목, 백남원 : 산업장의 기중 연농도에 관한 조사, 최신의학, 제12권 제2호, 91~95, 1969.