

## V. 작업환경실태

무기연을 취급하는 작업장의 경우 연 fume 과 연분진에 의한 작업환경 오염이 문제가 된다. 그 중에서 연 fume 에 의한 환경오염이 가장 흔한 것으로서 연이나 연합금을 가열하거나 녹이는 경우에는 반드시 연 fume 의 발생이 있다고 보아야 한다.

연 fume 이라는 것은 녹아 있는 상태의 연으로 부터 발생하는 증기가 공기중의 산소와 반응해서 공기중에 부유하는 상태를 말하는 것이다. 이 연 fume 의 입자의 크기에 관한 실험보고에 의하면 0.2 - 2  $\mu$  정도라고 하며 그 크기는 발생조건에 따라 다르다고 한다.

연 fume이 발생할 것이 예상되는 직종에서는 그 가열온도에 관심을 두고 대처하여야 한다. 땀납이나 활자와 같이 녹을 수 있는 합금은 300-400°C 에서 녹기 때문에 fume 발생이 적다. 특히 그 표면에 생기는 산화연때문에 fume 발생이 적다. 그러나 산화연이 분진으로서 비산될 우려가 있으니 이에 주의하여야 한다.

연회수, 연로, 합금로들에서는 가열온도가 일반적으로 높기 때문에 연 fume 발생이 많다. 이 때는 hood 만으로는 불충분하며 강력한 배기장치로서 국소환기가 필요하다.

연이 부착되었거나 함유된 철판이나 연합금을 용접 또는 절단할 때에도 많은 fume 이 발생되며 자동차 조립시의 streamlining 작업때도 국부적으로 많은 fume 이 발생되므로 작업자세에 따라서는 많은 연을 흡입하게 된다. 특수한 작업으로는 금속표면에 분무하는 작업이며 이 때는 연 fume 의 농도가 대단히 높다.

둘째로는 연분진에 의한 오염으로서 연정련에서는 원광석의 배소, 소결(sintering), 혼합, 투입 등의 공정에서 연분진이 발생되며 용광로 주변에서도 연분진이 발생된다. 연화합물의 제조 공정에서는 원료혼합, 건조, 분쇄, 선별시에 분진이 발산하며 유리제조, 요업, 합성수지제조 일부에서는 연화합물의 칭량(weighing), 배합, 투입시에 발진된다.

이 외에 축전지의 조립, 활자판이나 전선의 해체작업시 연분진이 발산되며 연합금이나 땀납한 면을 연마할 때 대량의 분진이 발산한다.

연분진은 작업장내에서 대단히 약한 기류만으로도 멀리까지 운반되며 작업자의 피복에 부착하여서 간접적인 연흡입의 원인이 되며 연취급 작업의 휴게실에서 상당히 높은 연분진 농도를 볼 때가 있다. 특히 연취급 장소의 청소시에는 흔히 분진농도가 높으므로 주의를 요한다.

1. 작업장의 공기중 연농도

가톨릭의과대학 산업의학연구소에서 1968년도에 시행한 직업병 분포조사의 일환으로 실시된 작업환경 조사결과 중 축전지 제조업의 규모별, 공정별 공기중 연농도를 보면 표6과 같으며 모든 부서에서 당시의 공기중 허용농도 0.15 mg/m<sup>3</sup>을 초과하고 있었다. 그리고 50인 이하의 소규모 공장의 작업환경이 보다 열악한 것으로 나타났다.

표6. 축전지 제조업의 규모별 공정별 공기중 연농도 (1968)

단위: mg/m<sup>3</sup>

공정(부서)	규모		
	50인 이하(3개소)	50-100인(3개소)	100인 이상(1개소)
주조실	0.50	0.39	
연분실	0.25		
조립실	0.68		
제련실		0.26	
건조실			0.24
분쇄실			0.33

\* 당시의 허용농도는 0.15 mg/m<sup>3</sup>임.

그 후 약 20년 후인 1986년도에 동일한 업종인 축전지 제조사업장 10개소 41개 부서의 공기중 연농도를 측정한 결과는 그림 1과 같다. 41개 부서중 19개 부서가 당시의 허용농도인 0.15 mg/m<sup>3</sup>을 초과하고 있었으며 아직도 매우 높은 연농도를 나타내고 있는 사업장이나 부서가 많았으며 측정된 모든 부서가 허용농도 이하인 사업장은 단 1개소에 불과하였다.

여러 부서중 특히 기중연농도가 높은 부서는 마무리 작업부서(finishing) 및 연분(lead powder)부서이었다.

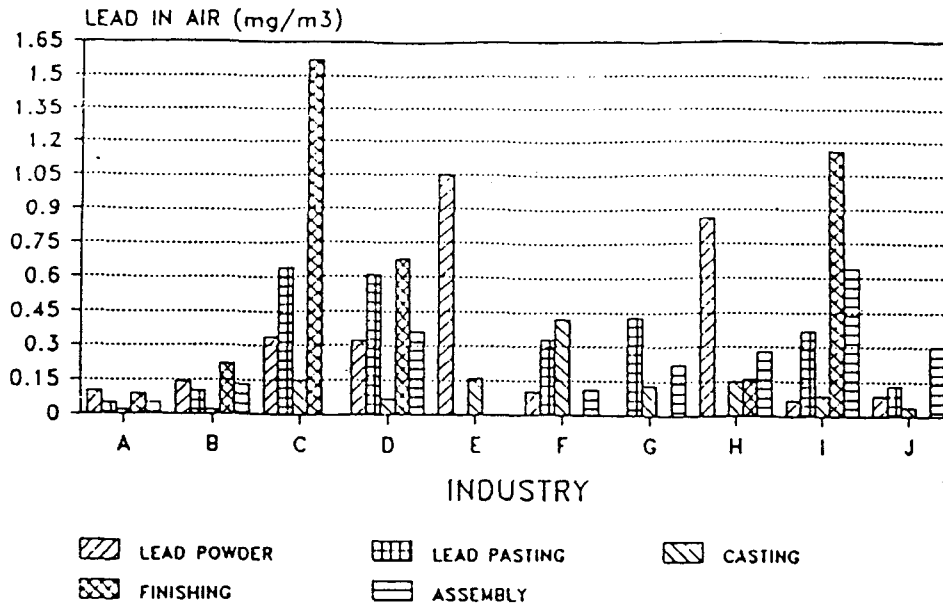


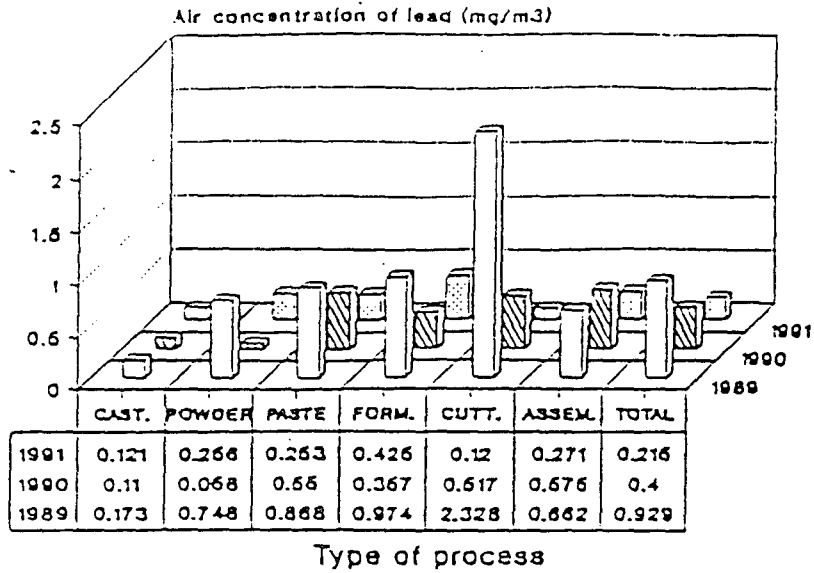
그림 1. 축전지 사업장(10개소)의 공정별 평균 기중연농도(1986).

1988년도 6월부터 연에 대한 업종별 보건관리대행기관으로 순천향대학 산업의학연구소가 지정된 후 부터 연사업장의 업종별로 정기적인 작업환경측정, 개선상태의 추적관찰 등 보다 계획적인 작업환경관리가 이루어 지고 있다.

그림 2, 3 및 4는 1989년 부터 1991년까지 3년동안 대항사업장의 작업환경측정결과를 업종에 따라 요약한 것이다. 그림2는 축전지 제조업의 규모별 공정별 공기중 연농도로서 사업장 규모에 따른 공기중 연농도의 차이는 볼 수 없었으며 3년간 작업환경이 크게 개선되고 있는 것으로 나타났다. 그러나 1988년 우리나라의 작업장 공기중 연농도의 허용기준을 실행 가능성 여부 및 학문적 배경등에 대한 신중한 검토없이 OSHA 의 허용기준인 0.05 mg/m<sup>3</sup>과 같은 수준으로 상향 개정하므로써 (대부분 국가의 연의 작업장 공기중 허용농도는 0.15 mg/m<sup>3</sup>이다: VII 허용기준 참조) 전자공장의 납땀작업, 인쇄업 등을 제외한 연의 고농도 노출작업의 경우 거의 모두 허용기준을 초과하는 상태에 있으며 앞으로도 획기적인 작업환경의 개선이 이루어 진다 하더라도 과연 허용기준이하로 작업환경을 유지할 수 있는 지는 의문시 된다 하겠다.

그림 3은 2차 제련업의 공정별 공기중 연농도이며 그림4는 PVC 안정제, 리사지 및 광명단 제조공장의 3년간(1989년-1991년) 공기중 연농도이다. 모든 업종의 작업환경이 매년 개선되고 있으나 측정치 모두가 허용기준을 초과하고 있었으며 특히 PVC 안정제 및 리사지 공장의 작업조건은 상대적으로 더욱 불량한 상태를 보이고 있었다.

### Small and medium sized battery indust.



### Large sized battery industires

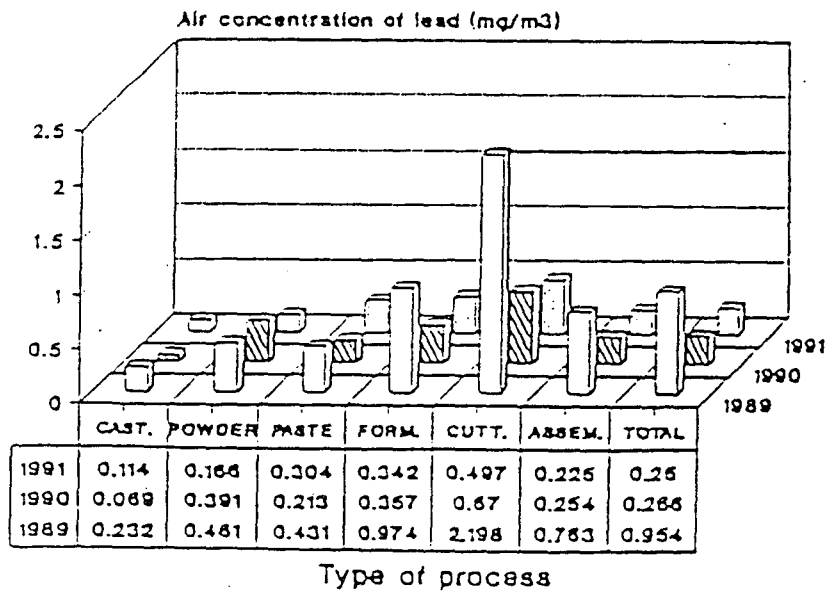


그림 2. 축전지 제조사업장의 규모별, 공정별 공기중 연농도 (1989-1991)

### Secondary smelting industries

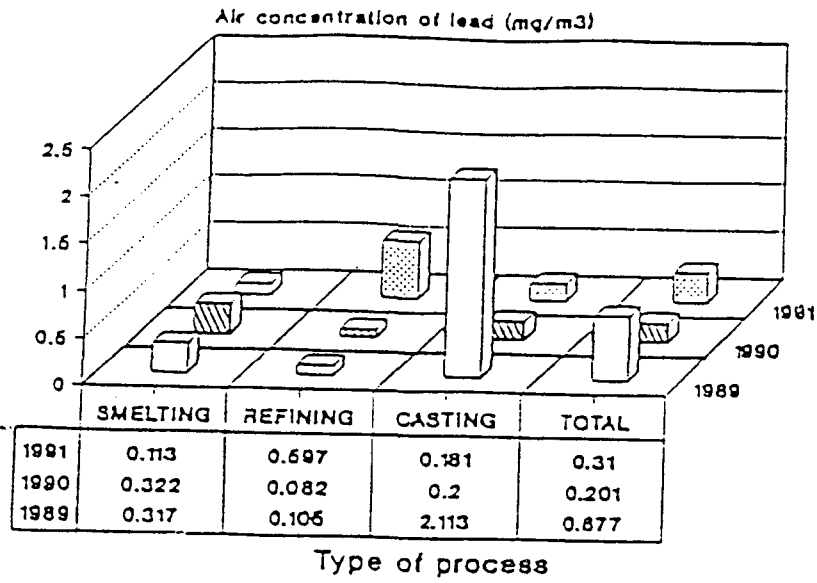


그림 3. 2차 제련업의 공정별 공기중 연농도 (1989-1991)

### Lead powder and PVC stabilizer indus.

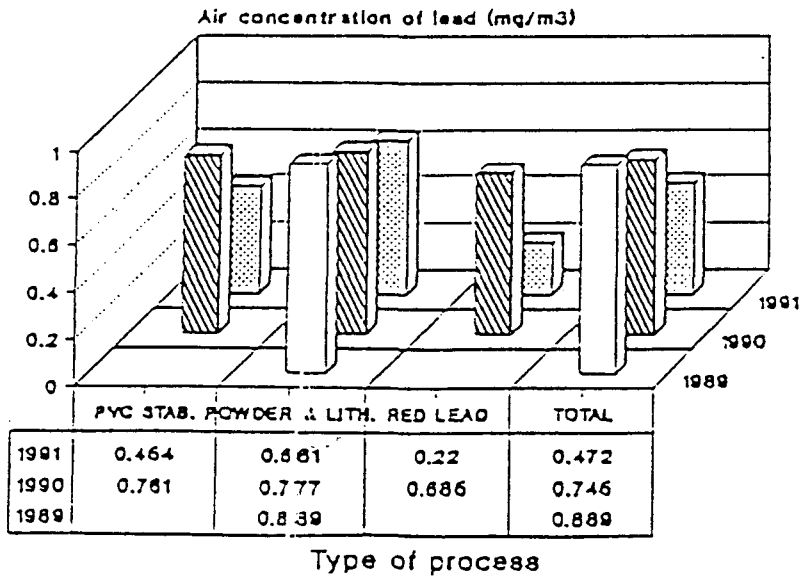


그림 4. PVC 안정제, 리사지 및 광명단 제조공장의 공기중 연농도 (1989-1991)

## 2. 작업환경개선 1례

경상남도에 소재한 1개의 연취급 사업장을 대상으로 조사한 것으로서 이 사업장은 1972년도 부터 연중독 환자가 발생되어 일찍부터 작업환경개선을 비롯한 근로자 건강관리의 필요성을 인지 하였으나 실제적으로 적극적 개선에 착수한 것은 1980년 이후로서 그때부터 7년간 약 6억원을 투자하여 그 결과 대부분의 부서가 당시 기중 연농도의 허용기준 0.15 mg/m<sup>3</sup>을 초과하였던 1981년 도의 작업환경에서 1986년도에는 대부분의 작업부서의 기중연농도가 0.15 mg/m<sup>3</sup> 를 하회하는 개 선이 이루어 졌다(표7).

한편 이와 같은 환경개선에 따라 근로자들의 혈중연량, 요중 d-aminolevulinic acid 배설량 및 혈중 ZPP 농도 모두 유의하게 감소되었으며 환경개선 초기인 1983년도에는 10% 정도의 근로자 들이 유소견자로 나타났으나 1986년도에는 근로자의 0.5% 만이 유소견자로 판정되어 근로자 건강 수준의 현저한 향상을 나타내었다.

표 7. 작업환경개선 1례\*

작업장소	공기중 연농도 (mg/m <sup>3</sup> )**			
	1981		1986	
	범 위	기하평균	범 위	기하평균
연분실	0.35-0.92	0.53	0.07	0.07
배합반	0.47-2.0	0.90	0.03-0.43	0.15
연부품제조	0.22-0.35	0.28	0.02-0.14	0.06
주조반	0.09-0.21	0.15	0.01-0.03	0.02
연마반	0.24-1.8	0.48	0.09-0.51	0.33
판금용접	0.06-0.29	0.16	0.01-0.19	0.07
연결용접	0.20-1.24	0.62	0.03	0.03
지주용접	1.16-4.04	2.27	0.01-0.04	0.02
적치	0.18-0.94	0.26	0.04-0.35	0.15
검사	0.26-0.38	0.24	0.09	0.09

\* 1980-1986 사이에 약 6억원의 환경개선 비용 투입

\*\* 1986년도 허용기준은 0.15 mg/m<sup>3</sup>

## 3. 업종별 기중 연농도의 허용기준 초과율(전국)

전국의 업종별 기중연농도의 허용기준 초과율을 3년간격으로 비교한 내용은 표8과 같다. 총 측정건수는 1991년도 2,393건으로 1985년도 568건에 비하여 4배이상 증가하였다. 이는 연 취 급사업장이 증가하였기 때문이라기 보다는 이제까지 작업환경 측정에 참여하지 않고 있던 사업장

들이 측정에 참여하기 시작한 것이 가장 큰 이유라고 생각된다. 다른 해에도 비슷하였지만 1991년도 통계를 보면 여러 업종 중에서 금속제품 제조업에서 전체 측정건수의 약 80% 및 전체 초과건수의 약 60%를 차지하여 주요 납취급 업종임을 알 수 있었으며 화학 및 비금속 광물제조업과 통신업의 기중연농의 허용기준 초과율이 다른 업종에 비하여 상당히 높은 것으로 미루어 보아 앞으로도 중점적으로 관리하여야 할 업종으로 판단된다.

연도별 허용기준 초과율을 비교하여 보면 1988년도의 초과율이 4.9%로서 1985년도에 비하여 상당폭 낮아졌으나 1991년도에 7.7%의 초과율을 보임으로서 단편적으로 결론을 내리는 데는 문제가 있겠으나 전체적으로 볼 때 작업환경 개선이 효과적으로 이루어 지지 못하고 있다는 것을 추측케 한다. 다만 사업장의 기중 납농도는 동일 사업장이라 하더라도 작업공정, 작업내용, 가동율, 납 사용량 등에 따라 다양한 차이를 보일 수 있으며 특히 업종별 허용기준 초과율의 연도별 심한 변동은 위의 이유외에도 시료 채취방법 및 분석방법 등의 표준화의 미비도 한 이유가 되리라고 생각된다. 앞으로는 작업공정별 기중연농도의 연도별 대비가 가능하도록 통계적 정리가 이루어 졌으면 하며 아울러 여러 형태의 작업조건을 감안한 기중연농도 측정의 표준화가 요망된다.

표8. 업종별 기중연농도의 허용기준 초과율(전국)

업종	1985			1988			1991		
	A	B	%	A	B	%	A	B	%
광업				7			2		
제조업									
음식료							3		
섬유				4			26	2	7.7
독제	2			7			13		
인쇄출판	53	1	1.9	56			69		
화학	8	5	62.5	83	4	4.8	88	16	18.2
비금속광물	9	2	22.2	36	2	5.6	66	11	16.7
금속	488	41	8.4	1,048	55	5.2	1,905	10	5.6
기타	6			27	1	3.7	18	1	5.6
전기·가스·수도				8			2		
운수·창고·통신	2	1	50.0	9	1	11.1	131	40	30.5
사회 및 개인 서비스				13			24		
기타							46		
계	568	50	8.8	1,298	63	4.9	2,393	176	7.4

A: 측정건수, B: 초과건수, % = A:B - 602 -

이 보고서는 보건복지부 연구보고서인 (대학사어보거학회)