

작업환경을 위한 TLV의 근거

수은(Hg)

알킬화합물을 제외한 모든 형태의 수은화합물은 피부로 흡수

TLV-TWA, 0.05mg/m³ as Hg-수은증기

0.10mg/m³ as Hg-aryl & inorganic compounds

수은원소는 은백색이며 냄새가 나지않고 강한 표면장력이 존재하는 액체로써 주기율표에서 11B족이며 원자번호가 80에 해당하는 원소이다.

이것의 물리화학적 조성으로 원자량이 200.59, 20°C일때의 비중은 13.546, 빙점은 -38.85°C, 끓는점이 356.6°C이고, 증기압은 25°C일 때 0.0018torr이다.

수은원소는 염산과 비슷한 산 종류에는 용해되지 않지만 질산과는 반응을 하며 진한 황산과는 격렬한 반응을 한다. 물과 유기용매에서는 녹지않지만 지용성물질에는 잘 녹는다. 질산, 염화수은, 시안, 염소, 아세테이트를 포함한 수은염은 물에 녹고 염화(1가)수은을 포함하고 있는 산화물, 황화산염과 대부분 염은 물에 거의 녹거나 분해된다. 이들은 다양한 색깔을 띠는 결정형태로 존재한다. 예를 들면 산화물, 황화물, 요오드화물 같은 것들은 노란색, 빨간색을 띠는 결정체이고 갈색이나 흑색을 띠는 황화물 등이 있다.

중금속 중 유일하게 상온에서 액체로 존재하는 성질을 이용하여 수은은 온도계, 압력계, 기압계, 전자기계, 수은증기와 형광램프, 아밀감, 질산소다의 구성성분, 표백분 생산제, 의류제조, 전기발생시키는 보일러나 터빈 등과 같이 많은 곳에서 사용되어진다.

수은 뇌산염(HgN₂O₂)은 고성능폭약의 중심 뇌관으로 사용되고 질산은은 가죽중절모 공장에서 많이 이용된다. 상대적으로 짧은기간 동안 수은증기의 고농도 흡입은 기관지염, 폐렴, 가슴통증, 천식, 감기 뿐아니라 위궤양, 잇몸질환, 유연증, 설사 등이 유발될 수 있긴 하지만 일반적으로 수은에 급성 중독 되었을 때 심각한 독성은 나타내지 않는다.⁽¹⁾ Ashe et al⁽²⁾연구에 의하면 수은증기를 평균 28.8 mg/m³농도로 4시간동안 폭로시킨 토끼의 신장, 간, 뇌, 심장, 폐, 대장 내에서 몇가지 질병들이 발견되었다.

2가 수은산화물, 염화수은 같은 수용성 2가 수은염은 섭취시에는 심한 독성을 일으킨다. 경구투입시 50% 치사량(LD₅₀)은 1.0-18 mg/kg이다. 1가 수은 화합물의 경우 경구 투입을 하게되면 위 내에서 수용성 1가 염화수은을 형성하기 때문에 독성이 더 심하진 않다. 쥐에서 Hg₂Cl₂의 경구투입시 50% 치사량(LD₅₀)은 1.0mg/kg이다. 하지만 사람의 경우는 아주 적은 농도 투입에 의해서도 사망할 수 있다.⁽³⁾ 고농도 수은화합물에 의한 급성중독현상에는 요독증을 수반한 무뇨증과 위장질환 증상이 있다. 일반적으로 작업장 내에서 급성독성을 일으킬 만큼의 농도에 노출되는 경우는 드물다.

만성독성에 대한 있어서 임상학적 증상은 매우 다르다. 가장 관찰되는 증상과 증후에는 중추신경계의 진전과 다양한 신경성 질환들이 있다. Kazantzis and others⁽⁴⁾는 만성독성을 진단하고자 할 때 진전을 진단하며 이것은 진단학적 방법으로 이용할 가치가 있다고 주장하였다. 표백제 생산공장 내 수은에 노출된 근로자들을 연구한⁽⁵⁾ 결과 노출된 근로자들에게 초기 수은중독현상으로 진전이 발생하였고 비슷한 정도의 식욕감퇴와 체중감소가 나타났다. 또한 신경변화정도는 흡수된 수은의 양과 관련되어 나타났다. 단백뇨와 신증과 같은 증상은 만성 수은중독의 특징적인 증상이다.^(6~10) Smith et al⁽⁵⁾에서 신장질환이나 단백뇨와 같은 징후는 보고되지 않았다.

과거에 사용하던 TLV에 대한 고찰에서 Goldwater⁽¹¹⁾는 Neal⁽¹²⁾에 의해 실시되었던 초기연구는 현재의 지식과 기술의 시점에서 보면 많은 결점을 가지고 있다라고 주장하면서

“0.1mg/m³에 노출되고 전반적으로 0.1mg/m³보다 높은 수준에 노출되었을 때 수은중독이 발생하였다. 이것이 확실하고 계속해서 안전에 영향을 준다면 0.1mg/m³을 사용하는 것을 타당하지 않다”라고 덧붙이고 있다.

대기중 농도와 만성 수은중독자료사이의 관계를 살펴 본 연구들을 살펴보면, 어떤 경우에는 0.1mg/m³을 TLV로 사용하는 것이 적합하다고 주장하고 있고 다른 것들에서는 보다 낮은치를 제시하는 경우도 있다.^(13~15)

표백제 제조공장에 대한 연구에서는 일반적으로 0.1mg/m³노출되었을 때 특이한 현상을 관찰할 수 없었다고 보고하고 있다. 그러나 0.1mg/m³ TLV는 안전면에 있어서는 거의 여유가 없이 제정된 것이다.

1968년 국제의회에서 다양한 형태로 존재하는 수은에 대한 최대허용농도(MAC)제정하는데 있어 다른형태의 수은은 서로 다른방법으로 흡수되고 대사된다는 것을 주장하는 자료^(17~20) 대한 재검토를 한 후 수은증기, 무기수은염, 특정한 유기수은

화합물, 알킬(alkyl)수은 화합물에 대해 제한치를 다르게 설정하도록 결정하였다.⁽¹⁶⁾ 의회에서는 이 제안을 신중히 검토하고 수은화합물들의 분류를 실행하도록 결정을 지었다. 그러나 실제적용은 1971년에 TLV-0.05mg/m³ 하나로만 제정하였고 1980년에는 알킬 화합물을 제외한 다른 형태의 수은에 대해서는 0.1Hg mg/m³로 제정하였다.⁽²¹⁾

무기수은에 대한 기준을 제공하고 있는 NIOSH에서는 가장 초기에 제정안을 따르고 기준물질이 적어도 0.05mg/m³보다 아래에 있어야 한다고 결론지었다.⁽¹⁾ NIOSH에서는 진전보다는 오히려 이상감각이 만성수은중독증의 가장 대표적인 징후일 수 있다고 말하고 있다. 예를 들면 Turrion et al 에선 0.05mg/m³보다 높은 수준에 폭로된 근로자들에서 이상감각의 유병율(33%)이 이들보다 낮은 농도에 노출된 근로자들에서 발생된 유병율(8%)보다 높음을 알 수 있었고 반대로 진전증상은 양쪽 모두 약 20% 정도로 관찰되었다.⁽²²⁾

과학유리제품을 생산하는 공정에서 일하는 75명의 근로자들을 대상으로 한 연구에 의하면⁽²³⁾ 약간 높게는 0.17mg/m³에서 낮게는 0.02mg/m³정도를 포함한, 일반적으로 0.05-0.1mg/m³에 해당하는 수은증기가 발생되고 이 결과 유일하게 한 근로자에게서만 진전증상이 발생하였고 6명은 불면증에 고통받고 있음이 관찰되었다. 그리고 59개 물체들을 검사하는 곳에서는 근시안이 보고되었다.

McGill et al은 일반적으로 0.08-0.1mg/m²정도의 수은증기가 발생되고 있는 표백공정에서 일하는 근로자들을 대상으로 신체검사 결과 수은독성이 예가 없었다고 보고하고 있다. 수은광산과 정제공정에 대해 연구를 한 Rentos Seligman⁽²⁵⁾는 0.1mg/m³보다 높은 수준의 농도에 폭로된 22명 근로자 중 3명만이 진전이 발생하였다. 0.1mg/m³보다 높은 수준의 농도에 폭로된 10명의 근로자 중 5명 근로자에게서 치주염, 치아우식증, 침분비는 발생하였다. 따라서 사실상 TLV-0.1mg/m³은 safety factor를 2배이상 고려하지 않고 있다고 주장하고

있다.

Stopford et al⁽²⁶⁾은 수은증기는 지역시료포집(0.008-0.088mg/m³)보다는 개인시료포집(0.016-0.687mg/m³)에서 보다 많이 노출됨을 알 수 있었다. ⁽²⁶⁾ 이들의 차이는 작업시간이후 노출이 될 수 있는 의복에 수은이 오염되어 발생한 것이고 ⁽²⁷⁾ 광범위한 환경에 기초를 둔 0.05mg/m³은 종종 미소환경 노출에 대한 평가를 하고자 할 때 실시하는 개인시료포집에 적용하기에는 너무 엄격한 기준치이다.

위에서 제시한 연구에서 Stopford et al 연구한 결과 수은에 폭로된 10명의 근로자들의 신체검사를 실시한 결과 전진, 이상감각이나 알레르기 반응에 대한 증상은 없었고 이들의 절반의 개인시료포집 결과는 0.05-0.3mg/m³로 노출되었다.

Bell et al⁽²⁷⁾연구에서는 mg/L 단위를 비중 1.024로 보정한 요중 수은과 수은증기에 폭로된 개인시료포집(mg/m³)과의 비율이 8개 중 6개 정도에서 대략 1.1로 측정되었고 지역환경모니터링을 실시하였을 때 요중 수은과 비율은 Smith et al⁽⁵⁾에서 2-3이었고 25년전에 실시된 Elkins et al에서 2.5-3.0으로 보고되어졌다.

Stopford는 개인시료포집농도가 0.1mg/m³과 일치하는 혈중 수은농도가 2.6 μg%인 것과는 대조적으로 Smith연구에서는 지역시료포집농도가 0.1mg/m³인 곳에서 수은증기농도는 6 μg%로 보고하고 있다. 한편 Bell's 8가지 경우 중 나머지 2가지 경우는 대기수은과 요중수은의 비율은 2.8과 4.7정도였고, 0.1mg/m³에서 전체 요중수은에 대한 자료 중 개인시료포집시 농도수준은 Smith와 Stopford 자료와 일치하였고 Elkins et al에서 제시한 초기자료와도 크게 틀리지 않았다.

이중 가장높게 보고된 요중수은(8mg/L)와 대기수은(3mg/m³)농도는 노출된 것 중 상당수가 수은산화물로 발생하는 살균공정에서⁽²⁹⁾에서 조사된 자료이다.

반면에 알킬수은화합물이 흡수된 뇌에서는 수은이 거의 추출되지 않았다. 이와같이 상반된 자료를

보면 수은증기에 대한 TWA-TLV, 0.05mg/m³은 현재와 마찬가지로 유지되어야 된다고 하였다. 수은증기보다 아릴(aryl), 무기화합물일 때 더 높은 권고치인 0.1Hg mg/m³로 제정한 이론적 해석은 이런 화합물에서 흡수된 수은은 매우 극미량만 뇌에 축적되어지지만 수은증기의 경우는 뇌속에 남아 있는 흡수된 수은양이 상대적으로 높다. 반면에 알킬수은화합물 거의 모두 뇌에 대해 더 많은 독성을 가지고 있다.^(19~20)

실제로 중추신경계영향, 전진, 이상감각 등과 같은 증상은 증기보다는 수은염과 같은 형태로 발생하는 곳에서 덜 발생한다. 산장과 경구에서 발생하는 증상은 꼭 수은때문이라기 보다는 보편적으로 발생하는 증상일 수도 있다. 화합물에 대한 높은 제한치의 적절한 적용을 하기 위해서는 충분한 토론을 거쳐야만 할 것이다. 소련에서는 HgCl₂의 경우는 0.1Hg/m³로하고 폴란드의 경우는 수은원소일 경우는 0.01Hg mg/m³, 화합물형태일 경우는 0.05 mg/m³를 사용하고 있다. 이를 제외한 대부분의 나라에서는 수은 원소와 화합물의 차이를 두지않고 0.1 Hg mg/m³를 사용하고 있다.

인 용 문 헌

1. NIOSH : Criteria for a Recommended Standard -Occupational Exposure to Inorganic Mercury. DHEW Pub. No. (HSM) 73-11024(1973).
2. Ashe, W. F., E.J. Largent, F. R. Dutra et al : Arch. Ind. Hyg. Occup. Med. 7 : 19(1953).
3. NTIS PB 214-270 National Tech. Info. Serv. Springfield, VA.
4. Kazantzis, G. : Symposium on MAC Values, Stockholm(November 1968).
5. Smith, R. G., A. J. Vorwald, L. S. Patil and T. F. Mooney, Jr : Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 31 : 687(1970).
6. Friberg, L., S. Hammarstrom and A. Nystrom : Arch, Ind Hyg. Occup. Med. 8 : 149

- (1953).
7. Kazantzis, G., K. F. R. Schiller, A. W. Asscher and R. G. Drew : Q. J. Med. 31-403(1962).
 8. Kazantzis, G : Ann. Occup. Hyg. 8 : 65(1965).
 9. Joselow, M. M. and L.S. Goldwater : Arch. Env. Health 15 : 155(1967).
 10. Sher. D. A. and W. S. Neff : Minnesota Med. 47 : 1457(1964).
 11. Goldwater, L. J. : Symposium on MAC Values, Stockholm(November 1968).
 12. Neal, P. A., R. H. Flinn, T. L. Edwards et al : Pub. Health Bull. No. 263 (1941).
 13. Bidstrup, P. L., J. A. Bonnell, L. G. Harvey and S. Kocket : Lancet 2 : 856(1951).
 14. Seiffert, P. and H. Neudert : Zentralbl. f. Arbeitsmed. u. Arbeitsschutz 4 : 129(1954).
 15. Friberg, L. : Nord. Hyg. Tidskrift 32 : 240 (1951).
 16. Permanent Commission & International Assoc. on Occup. Health : Subcommittee for MAC Values, Mercury Compounds. Report of international Committee, Stockholm(November 1968).
 17. Teisinger, J. and V. Fiserova : Ind. Med. Surg. 34 : 580(1965).
 18. Neilsen-Kudsk, F. : Acta Pharmacol. Toxicol. 23 : 250(1965).
 19. Berlin, M., G. F. Nordberg and F. Serenius : Arch. Env. Health 18 : 42(1969).
 20. Magos, L. : Brit. J. Ind. Med. 25 : 315(1968).
 21. ACGIH : Documentation of the Threshold Limit Values, 3rd ed., pp. 150-151. Cincinnati, OH (1971).
 22. Turrian, H., E. Grandjean and V. Turrian : Schweiz. Med. Wochenschr. 86 : 109(1956).
 23. Danziger, S. J. and P. A. Possick : J. Occup. Med. 15 : 15(1973).
 24. McGill, C. M. et al : ibid. 6 : 335(1964).
 25. Rentos, P. G. and E. J. Seligman : Arch. Env. Health 16 : 794(1968).
 26. Stopford, W. et al : Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 39 : 378(1978).
 27. Bell, Z. G., H. B. Lovejoy and T. R. Vizena : J. Occup. Med. 15 : 501(1973).
 28. Elkins, H. B. : The Chemistry of Industrial Toxicology, 2nd ed. John Wiley & Sons, New York (1959).
 29. Journey, S. : Private communication to TLV Committee member.

