

유기용제 중독

유기용제 취급 사업장의 작업환경관리

서울대학교 보건대학원
백 남 원 교수

I. 서론

최근 LG 전자 부품에서 'Solvent 5200'이라는 유기용제에 의한 집단적 직업병이 발생함으로써 산업보건 관계자는 물론 일반 국민들사이에서도 유기용제에 대한 관심이 증대되고 있다. 그간 우리나라에서 보고된 직업병의 대부분은 진폐증(94년도 총 직업병 발생건수 91건 중 626건으로 68.2%) 및 소음(212건으로 23.09%)에 의한 것이고 유기용제에 의한 직업병 발생(46건으로 5.01%)은 적게 보고 되었다(노동부, 1995). 이는 유기용제 사용 작업장의 작업환경관리가 제대로 되어 왔다기 보다는 유기용제 사용으로 인한 직업병을 찾아내지 못했기 때문이라고 필자는 생각한다. 한 예로 93년도 작업환경 총 측정건수 431,386건(상반기 219,484건, 하반기 211,902건)중 대부분이 소음(205,422건으로 47.6%), 조명(26.2%)이며 유기용제 측정건수는 41,529건(상반기 19,942건, 하반기 21,587건)으로 9.6%에 불과하였다(작업환경측정기술협의회, 1994).

산업보건에서 가장 중요한 것은 유해인자로 인한 질병이 발생하기 전에 그 유해인자를 찾아내어 근로자가 노출되지 않도록 잘 관리하는 것이다. 이

논고에서는 유기용제 취급 작업장에서 근로자의 노출을 감소시킬 수 있는 작업환경관리 방법을 기술하였다.

유기용제 취급사업장의 작업환경관리를 적절히 하기 위해서는 우선 대상 사업장의 유기용제에 대한 근로자의 노출농도를 정확히 평가한 다음 이를 바탕으로 최선의 개선대책을 수립하여야 한다.

II. 근로자의 노출 농도 평가

근로자의 유기용제에 대한 노출을 정확히 평가하기 위해서는 다음과 같은 순서로 작업환경을 측정해야 한다.

1. 예비조사

예비조사는 정밀 조사 이전에 대상사업장의 유해인자 종류 및 발생상태, 근로자의 취급방법 등을 사전조사하는 단계로 대상사업장을 직접 방문하여 실시하는데 이때 원자재, 중간산물, 최종제품 및 부산물을 파악하여 발생가능한 유해인자의 종류를 확인하고 작업시간, 교대제 유무, 작업형태, 환기시

설의 유무 및 가동상태 등을 파악하여 근로자의 노출가능성을 짐작한다. 또한 검지관을 사용해 대략적인 유해물질의 농도를 알아 볼 수도 있다. 우리나라에서는 96년 7월부터 물질안전보건자료의 사업장 비치 의무화 될 예정인데 이 자료를 이용할 수도 있다.

2. 측정 계획의 수립

예비조사 결과를 바탕으로 측정항목을 설정하고 측정방법, 피측정 근로자의 선정, 측정시기, 시간 및 측정 시료수를 결정한다. 또한 측정기기, 시료의 운반·보관방법, 분석기기 등에 대한 계획도 수립하여야 한다. 측정은 반드시 공인된 방법을 사용하여야 하는데 우리나라에서는 작업환경에 대한 공정시험법이 제정되지 않았으므로 미국 국립산업보건연구원(NIOSH) 방법 등을 사용한다.

유기용제 시료채취방법 중 많이 사용되는 방법은 흡착제를 이용한 방법이고 기타 직독식 기기(예 MIRAN, 운반용 GC), 검지관 방법(부정확하므로 예비조사사용에 적당)이 있고 최근에는 확산식 시료채취기(passive sampler)가 개발·사용되고 있다. 흡착제 중 활성탄은 비극성 유기용제에, 실리카겔은 극성유기용제의 시료채취에 주로 사용된다.

3. 정밀 조사의 실시

(1) bulk 시료의 분석

작업장에 사용되는 유기용제의 성분을 제대로 모르는 경우가 많다. 그 이유는 물질명이 상품명으로 되어 있거나 신나처럼 복잡한 성분이 섞여 있는 물질을 많이 사용하기 때문이다. 따라서 미확인 유기용제나 신나같은 복합유기용제가 사용되는 작업장에서는 각 물질의 동정이 필요한데 이때는 원액(bulk sample)을 GC/MS(Gas Chromatography/Mass Spectrometry)등으로 분석하여 동정하고 벤

젠같은 발암성 물질이 오염되었는지 확인하여야 한다.

(2) 공기중 유기용제의 측정

측정계획에 따라 작업환경측정을 실시한다. 시료채취는 평상 작업시 최고 농도로 예상되는 근로자의 호흡위치에서 실시하며 8시간 작업할 때 적어도 하루 7시간 이상(우리나라 노동부의 기준은 6시간 이상) 측정하도록 한다. 유기용제 노출농도가 높을 것으로 예상되면 흡착제를 여러번 교체하여 측정한다. 또한 단시간 폭로로 인한 건강장해가 예상되는(단시간 노출 허용농도가 설정된 물질) 유기용제는 최고 노출시간에 단시간 농도로 측정하여야 한다. 표 1은 여러 유기용제에 대한 측정 분석방법을 요약한 것이다(Cohen and Hering, 1995).

4. 분석 및 평가

측정 및 분석실험을 실시하는 산업위생실험실은 측정 및 분석에 대하여 우수한 정확도와 정밀도를 유지하여야 하는데 이를 위해 우리나라는 1992년부터 측정기관에 대한 정도관리를 실시하고 있다(백남원, 1995). 일반적으로 유기용제 분석에 가장 많이 사용되는 기기는 불꽃 이온화 검출기(Flame Ionization Detector ; FID)가 부착된 가스크로마토그래피이다. 검량선을 매번 작성하여야 하고 탈착 효율도 실험하여 분석치를 보정하여야 한다(Ness, 1991). 분석하여 얻은 유기용제의 양을 공기채취량으로 나누면 공기중 농도가 되는데 이를 허용기준과 비교하여 근로자의 노출 정도를 파악하고 개선대책을 마련한다. 여러 유기용제에 근로자가 동시에 노출될 때는 상가작용을 고려하여야 한다(백남원, 1995). 노동부에서는 95년부터 측정결과 평가시 시료채취 분석오차(Sampling and Analytical Error ; SAE)를 고려한 통계적 기법을 사용하도록 규정하였다(노동부, 1994).

〈표 1〉 유기용제의 시료 채취 및 분석방법의 예

일반분류	시험대상 물질	흡착튜브	탈착 용매	NOISH 방법번호
Alcohols I	t-Butyl alcohol, Isopropyl alcohol, Ethanol	Charcoal tube	99 : 1 CS ₂ : 2-butanol	1400
Alcohols II	n-Butyl alcohol, Isobutyl alcohol, sec-Butyl alcohol, n-Propyl alcohol	Charcoal tube	99 : 1 CS ₂ : 2-propanol	1404
Alcohols III	Allyl alcohol, Isoamyl alcohol, Methyl isobutyl carbonol, Cyclohexanol Diacetone alcohol	Charcoal tube	99 : 5 CS ₂ : 2-propanol	1402
Alcohols IV	2-Butoxyethanol 2-Ethoxyethanol 2-Methoxyethanol	Charcoal tube	99 : 5 CH ₂ Cl ₂ : methanol	1403
Aromatic Amines	Aniline, o-Toluidine, 2,4-Xylydine, N, N-Dimethyl-p-toluidine N,N-Dimethylaniline	Silica Gel tube	95% ethanol	2002
Esters I	n-Amyl acetate, n-Butyl acetate, 2-Ethoxyethyl acetate, Ethyl acrylate, Methyl isoamyl acetate, n-Propyl acetate, etc.	Charcoal tube	CS ₂	1450
Hydrocarbons BP 36 -126°C	Benzene, Toluene, n-Heptane, n-Octane, n-Hexane, n-Pentane, Cyclohexane, etc.	Charcoal tube	CS ₂	1500
Aromatic Hydrocarbons	Benzene, Toluene, Xylene, Cumene, Naphthalene, etc.	Charcoal tube	CS ₂	1501
Halogenated Hydrocarbons	Chloroform, Tetrachloroethylene, p-Dichlorobenzene, Bromoform, etc.	Charcoal tube	CS ₂	1003
Ketones I	Acetone, Cyclohexanone Diisobutyl ketone 2-Hexanone, MIBK, 2-Pentanone	Charcoal tube	CS ₂	1300
Ketones II	Camphor, Ethyl butyl ketone, Mesityl Oxide, 5-Methyl-3-heptanone, Methyl n-amyl ketone	Charcoal tube	99 : 1 CS ₂ : methanol	1301
Naphthas	Kerosine, Petroleum ether, Rubber solvent, Stoddard solvent, etc.	Charcoal tube	CS ₂	1550
Nitrobenzenes	Nitrobenzene, Nitrotoluene, 4-Chloronitrotoluene	Silica Gel tube	Methanol	2005
Nitroglycerine and ethylene glycol dinitrate	Nitroglycerine and ethylene glycol dinitrate	Tenax tube	Hexane	2507
Pentachloroethane	Pentachloroethane	Porapak R tube	Hexane	2517
Tetrabromoethane	Tetrabromoethane	Silica Gel tube	Tetrahydrofuran	2003

III. 작업환경 개선 대책

유기용제에 대한 근로자의 노출수준이 근로자의



작업환경개선대책 수립시 작업환경 측정자료, 작업공정의 완전한 이해, 필요성, 경제성에 대한 사업주의 이해, 공정상 사용 가능성과 현실적 가능성, 설비비, 운영비 등 경제성, 활용성 및 편리성 등이 고려되어야 한다.



건강에 유해하다고 평가되면 작업환경에 대한 개선대책을 수립하여야 한다. 작업환경 개선 대책은 아래에 제시된 여러 방법이 있으나 이들 중 적절한 방법을 선정하여 사용하여야 한다. 적절한 방법이란 주변의 환경여건, 경제적 여건등 현실적인 여건을 고려하여 최선의 효과를 달성할 수 있는 방법의 의미 한다. 이때 고려해야 할 점으로는 ① 작업환경 측정자료, ② 작업공정의 완전한 이해, ③ 필요성, 경제성에 대한 사업주의 이해, ④ 공정상 사용 가능성과 현실적 가능성, ⑤ 설비비, 운영비 등 경제성, ⑥ 활용성 및 편리성 등이 고려되어야 한다.

1. 대체(Substitution)

유해물질의 제조 및 사용중지, 유해성이 적은 물질로 전환하는 것은 효과적인 작업환경 개선방법 중 하나이다. 이는 유해성이 큰 물질을 보다 적은 물질로 바꾸어 사용하는 것을 의미한다. 예를 들어 벤젠 사용작업장에서 톨루엔이나 크실렌 등으로 대체하여 사용할 수 있다. 또한 방향족탄화수소가 사용되고 있으며 독성이 덜한 지방족 탄화수소인 미네랄 스피릿으로 대체할 수 있다.

일반적으로 가장 좋은 용매는 물이나 이는 부식성이 있으며 건조시 장시간이 소요되는 단점이 있다. 지방족 탄화수소는 오일이나 윤활유 같은 비극성 유기물 용해제로 사용된다. 방향족 탄화수소는 레진이나 폴리머 물질에 효과적이다. 사이클로계 탄화수소는 방향족과 지방족 탄화수소의 중간정도 용해성을 가진다. 할로겐화 탄화수소는 비극성 또는 극성이 약한 화합물질의 용매로 많이 사용된다. 니트로계 탄화수소는 에스테르, 레진, 왁스, 페인트의 용매로 사용된다. 케톤, 알콜, 에스테르, 에테르, 알데하이드, 글리콜은 수용성이므로 물이나 여러개가 섞여 극성화합물의 용매로 많이 사용되며 페인트, 바니쉬, 플라스틱류의 용매로 사용된다.

용매 선정시 일반적으로 다음과 같은 원칙으로 고려하여 본다.

- ① 가능하면 수용액을 사용한다. 파이프, 탱크, 용기의 세제로 사용되던 유기용제나 나프타 대신 알칼리 세정제가 혼합된 수용액을 사용한다.
- ② 수용액 사용이 불가능하면 덜 유독한 용매인 1,1,1-trichloroethane, 인화점이 높은 지방족탄화수소, 불소계 탄화수소를 고려한다.
- ③ 독성이 강한 유기용제 사용시는 반드시 국소 배기시설을 설치한다.
- ④ 독성이 아주 강한 벤젠, 사업화탄소, 가솔린등은 세제로 사용하지 말아야 한다.

2. 격리(Isolation)

이는 유해물질의 발생원으로부터 근로자의 노출을 차단시키는 것으로 밀폐 및 차단벽의 설치가 있다. 또한 공장 자동화에 의한 원격조작도 이에 해당된다. 유기용제가 많이 사용되는 세척조, 드라이 크리닝기, 벨트콘베이어에서의 격리가 가능하다. 유기용제가 들어있는 용기는 가능한 밀폐시켜야 하며 사용할 때만 열어 놓도록 한다. 흔히 유기용제 사업장에서 유기용제로 젖은 휴지나 형질을 개방



국소 배기시설 사용시 가장 중요한 것은 유해인자 발생위치에서의 제어속도인데, ACGIH에서는 유기용제 발생이 자연적이고 기류가 없을 때는 0.25-0.5m/sec의 제어속도를, 기류에 의한 방해가 있을 때에는 이보다 높은 제어속도를 권고하고 있다.



쓰레기통에 그냥 버리는 경우가 많은데 반드시 밀폐하도록 하고 자주 비워야 한다. 또한 누출이나 잊지르는 사고시 이를 회수하기 위한 계획이 수립되어야 한다.

3. 공학적 개선방법(Engineering Control)

공학적 개선방법에는 실제로 작업장에서 가장 많이 사용되는 전체환기와 국소배기가 해당된다. 유기용제인 경우 발생원에서 후드를 이용하는 국소배기시설이 일반적이고 가장 효과적인 방법이다. 독성이 아주 낮은 물질인 경우 전체환기도 가능하다. 국소배기시설은 유기용제의 종류, 독성, 발생량, 작업형태, 공정에 따라 여러 장치가 고안되었는데 가장 중요한 것은 유해인자 발생위치에서의 제어속도이다.

미국산업위생전문가협회에서는 유기용제가 탱크로 부터 증발할 때처럼 발생이 자연적이고 기류가 전혀없을 때의 제어속도는 0.25~0.50 m/sec가 되도록 권고하고 있다. 발생이 많거나 기류에 의한 방해가 있을 때에는 이보다 높은 제어속도가 요

구된다.

국소배기시설의 설치에 못지않게 중요한 것은 이의 유지관리이다. 실제로 우리나라 사업장에서 초기에 많은 비용을 들여 국소배기시설을 설치하여 놓고도 제대로 관리를 하지 않아 그 성능이 저하된 경우를 많이 볼 수 있다. 따라서 정기적으로 국소배기시설에 대한 점검을 실시하여야 한다.

4. 개인보호구(Personnel Protective Equipment)

개인보호구는 고장수리 등의 임시작업 또는 환경개선이 불가능할때 사용하는 방법으로 작업환경 개선을 하지 않고 이에만 의존하는 것은 좋은 방법이 아니다. 유기용제 취급 사업장에서 사용되는 개인보호구의 종류로는 호흡보호구(마스크), 보호장갑, 보호의가 있는데 개인보호구의 선정은 유기용제의 특성에 맞게 선정하되 한국산업안전공단 검정필을 사용하여야 한다. 일반적으로 유기용제용 마스크는 활성탄이 들어가 있으므로 보관 및 유지관리에 각별한 신경을 써야 하고 주기적으로 활성탄을 교체하여야 한다.

개인보호구를 사용할 때 중요한 것은 근로자가 이를 착용하고 작업할 때 심폐기능의 저하가 일어나지 않는지 의학적 테스트를 받아야 하고 착용시 누출부위가 없는지 밀폐시험(fit test)를 하여야 한다.

유기용제가 인체에 침입하는 가장 중요한 경로는 호흡기이지만 피부침투 가능성도 고려해야 한다. 피부 침투를 막기 위해서는 피부와의 접촉을 차단해야 하는데 직접 손으로 취급하는 대신, 막대봉, 통, 집게 등을 사용하고 보호의나 보호장갑을 착용하도록 한다. 보호장갑 선정시 주의해야 할 점은 침투성이 없어야 한다는 점이다. 침투성을 간단히 측정해 보려면 보호장갑을 뒤집는 다음, 사용 유기용제를 3/4정도 넣고 무게가 손실되는지, 인장력이 떨어지는지를 측정해 본다. 네오프렌 재질의 보호장

“
유기용제 용기는 반드시 라벨을
부착한 것만을 사용하며
사용하지 않을 때는 항상 뚜껑을
닫아 놓는다.
유기용제 용기를
혼용하여 사용하지 말아야 하며
환기상태가 양호한
곳에서 취급한다.”

갑은 일반적 오일류와 지방족 탄화수소에는 우수하나 방향족 탄화수소, 할로겐화탄화수소, 케톤류에는 부적절하다. 일반적으로 자연 고무 재질은 이런 유기용제에 사용할 수 없으며 폴리비닐알콜 재질은 방향족이나 염소계 탄화수소에는 우수하나 물, 아세톤 등에는 사용하지 말아야 한다.

5. 교육(Education)

근로자의 유기용제 노출을 줄일 수 있도록 끊임 없는 교육도 중요하다. 사실상 교육은 근로자 뿐 아니라 사업주, 관리자, 산업보건 담당자 모두에게 필요하고 산업보건담당자는 최신정보를 공부하여 이를 다른 사람에게 알려주어야 한다. 근로자에게 사용되는 유기용제에 대한 인식을 갖게 하여 부주의, 부적당한 작업방법 및 자세 등에 의한 이상 노출을 방지하게 하고 개인보호구의 올바른 취급사용방법을 교육시켜야 한다. 작업장에 해당유해인자의 특성을 적은 경고판을 설치하는 것도 교육방법의 하나이다. 유기용제를 사용할 때 근로자가 숙지해야 할 내용 중에는 다음이 포함된다(B.A. Plog, 1988).

① 유기용제 용기는 반드시 라벨을 부착한 것만을 사용하며 사용하지 않을 때는 항상 뚜껑을 닫아 놓는다.

② 유기용제 용기를 혼용하여 사용하지 말아야 하며 환기상태가 양호한 곳에서 취급한다.

③ 작업시 필요한 양만을 작업장소에 갖다 놓고 작업이 끝나면 남은 양을 저장장소로 옮겨 놓는다.

④ 엎지르면 바로 닦아낸다. 닦아낸 헝겊은 바로 라벨뒤 밀폐 쓰레기통에 버리도록 하고 툽밥등으로 유기용제를 흡착하지 않도록 한다(화재 위험성).

⑤ 가연성이나 인화성이 강한 유기용제가 있는 곳에서는 금연을 하여야 한다.

⑥ 전기 장비는 반드시 접지해서 사용한다.

이 외에도 생산공정의 변경, 작업 방법의 개량 등에 의해 작업환경 중 유기용제에 의한 노출을 감소시킬 수 있고 입사시 특수건강진단에 의한 적정배치, 정기 특수건강진단에 의한 이상자 조기발견과 치료등이 개선대책에 속한다.

참고문헌

노동부 : '94 산업재해 분석, pp. 250-256, (1995)
 노동부 : 산업위생업무편람, pp. 106-112, (1994)
 작업환경측정기술협회 : 작업환경측정종합연보, pp. 5-19, (1993)
 백남원 : 산업위생학 개론, pp. 29-30, (1995)
 B.A. Plog : Fundamentals of Industrial Hygiene, National Safety Council, United State pp. 95-121. (1988)
 B.S. Cohen, Hering.S.V. : Air Sampling Instruments for evaluation of atmospheric contaminants, ACGIH, Cincinnati, Ohio. pp. 370-382, (1995)
 S.A. Ness : Air Monitoring for Toxic Exposures - An Integrated Approach -, Van Nostrand Reinhold, New York, pp. 29-38, (1991)

회원가입 안내

본 협회는 산업간호에 관계되는 학술연구 및 기술개발, 회원의 직무개발 및 보건관리자 보수 교육, 권익옹호와 복지를 위한 사업을 합니다. 산업간호 관련분야 종사자로 본 협회의 사업에 동참하고자 하는 분이면 누구든지 환영합니다.

회원이 되면 본 협회에서 실시하는 각종 교육에 대한 안내와 함께 발간하는 자료 및 기타 관련 간행물을 보내드립니다.

회원으로 가입하시려면

입회비 2만원, 연회비 12만원 (보건관리대행기관 종사자는 입회비 2만원, 연회비 3만원)을 다음 구좌로 보내시고 회원가입서를 작성하신 후 보내주시면 회원증을 발급해 드립니다.

주택은행 : 534637-94-100716
 예 금 주 : (사)한국산업간호협회