

석유계 솔벤트를 사용하는 세탁소 작업자의 노출평가

정지연[‡] · 이광용 · 이병규 · 이나루 · 김봉년 · 김광중

한국산업안전공단 산업안전보건연구원

An Evaluation of Exposure to Petroleum Based Dry Cleaning Solvent Used in Commercial Dry Cleaning Shops

Jee Yeon Jeong[†] · Gwang Yong Yi · Naroo Lee · Byung kyu Lee · Bong Yeon Kim · Kwang Jong Kim

Occupational Safety and Health Research Institute, Korea Occupational Safety and Health Agency

In previous report, we presented that petroleum based solvents used in dry cleaning shop was almost similar to stoddard solvent defined by ACGIH and NIOSH, and the occupational exposure standard of stoddard solvent could be used in total exposure assessment of those solvents.

The specific aim of the this study was to evaluate of the solvent exposure used in commercial dry cleaning shops by using occupational exposure standard of stoddard solvent. We conducted first survey of 8 self-employed dry cleaning shops and 5 factory type dry cleaning shops from July to August, and second survey of the same shops from October to November in 2002.

The exposure concentration to the solvent during loading and unloading activity of vented dry cleaning machine was 489.2ppm(GM), 270.3ppm(GM), respectively, which was almost excursion limit(500ppm) of ACGIH, and exceed the

ceiling limit(312ppm) of NIOSH. The time-weighted average (TWA) worker exposure to the solvent was 21.3ppm(GM) at self-employed shops, 20.7ppm(GM) at factory type shops on first survey, and 31.1ppm(GM), 33.7ppm(GM), respectively on second survey. The TWA exposure concentration of workers with spotting and cleaning machine operating job was 25.4ppm(GM), which was 2.9 times higher than the TWA exposure concentration, 8.8ppm(GM) of press workers. All TWA exposure concentrations was lower than OEL(100ppm) of stoddard solvent. We found that the most heavy exposure process at dry cleaning was loading, unloading process, and the vent of dry cleaning machine was the main emission source for workers exposure to petroleum based solvent.

Key Words: Dry cleaning shop, Petroleum based solvent, Exposure concentration,

I. 서 론

우리나라 세탁업은 크게 자영업과 공장형으로 나누어 볼 수 있는데, 자영업은 세

탁소 소유자가 직접 세탁소를 운영하고 주로 소비자가 세탁물을 직접 세탁소에 의뢰하는 세탁소이며, 공장형은 사업주가 다수의 근로자를 고용하여 소비자가 직접

의뢰하는 세탁물뿐만 아니라 여러 곳에서 다량의 세탁물을 수거하여 세탁을 하는 형태의 세탁소를 말한다.

세탁업에 있어서 건강장해와 관련된 주요인자는 세탁용매와 관련된 화학적 인자와 다림질 작업과 관련된 근골격 부담작업이다(NIOSH, 1997a). 미국 노동부 노동통계국 자료에 따르면 세탁업에 종사하는

접수일 : 200년 7월 20일, 채택일 : 2004년 12월 28일

‡ 교신저자 : 정지연(인천시 구산동 34-6, 산업안전보건연구원 산업보건위생연구실

Tel : 032-5100-902, E-mail : Jeong@kosha.net)

근로자수는 1998년 439,000명, 1999년 444,390명, 2000년 441,800명이었으며, 재해자 수는 각각 4.3%(18,900명), 4.5%(20,200명), 5.3%(20,833명)로 점점 증가하고 있다(DOL, 2002). 소규모 영세사업장의 대표업종인 자동차 수리업과 세탁업의 1998년~2000년 3개년 동안의 평균 재해 발생률을 비교하면 세탁업 5.6%, 자동차 수리업 5.4%로 세탁업이 더 높은 것으로 나타나 있다. 그러나 우리나라 경우 세탁업이 대부분 영세 자영업 형태로 운영되는 것으로 추정되나 그 규모나, 재해자 등에 관한 통계자료는 전무한 실정이다.

세탁업의 주요 유해인자인 세탁용매 경우 우리나라는 90% 이상이 석유계 솔벤트임에도 불구하고(장병규, 1994), 석유계 솔벤트 중의 일부 구성 성분을 대상으로 한 노출평가 보고는 두 편 정도가 발표되었지만(노영만, 2001; Jo & Kim, 2001), 복합 혼합물질인 석유계 솔벤트 전체를 대상으로 한 작업자의 노출평가 자료는 거의 전무하다. 따라서 석유계 솔벤트 노출에 따른 위험의 크기가 어느 정도인지 알 수가 없으며, 또한 노출평가 자료가 없기 때문에 예방 전략을 수립하기도 곤란한 실정이다.

본 연구자들은 우리나라 세탁소에 사용되어지는 석유계 솔벤트(국내 생산: 3종, 수입 제품: 1종)에 대한 구성성분의 정성 및 정량분석, 물리·화학적 특성을 규명하여 ACGIH와 NIOSH에서 제시하고 있는 스토다드 용제로 분류할 수 있음을 제시한 바 있다(정지연, 2002). 스토다드 용제는 우리나라 노동부에서 노출기준을 설정하고 있는 698종의 화학물질중의 하나이며(노동부, 2002), 또한 산업안전보건법 제 42조에 의한 작업환경측정 대상물질로 규정된 189종의 하나이다(노동부, 2003).

본 연구는 우리나라 세탁소의 석유계 솔벤트에 대한 작업자의 노출수준이 어느 정도 되고, 또한 노출저감을 위해서는 어떤 접근방법이 필요한지를 결정할 수 있는 기초자료를 제공하기 위해서 석유계 솔벤트를 사용하는 세탁기의 용매 배출특성 및 세탁작업자의 작업내용에 따른 노출평가를 실시하였다.

II. 대상 및 방법

1. 대상

서울, 경인 및 대전지역의 석유계 솔벤트를 사용하고 있는 세탁소 중 자영업과 공장형 세탁소를 각각 8개소와 5개소를 선정하여 평가를 실시하였다. 세탁업 경우 계절별로 작업물량이 다르기 때문에 현장조사는 2회 반복하여 실시하였으며, 1차 조사는 2002년 7월~8월 사이에 실시하였고 2차 조사는 2002년 10월~11월 사이에 동일 세탁소를 대상으로 반복 실시하였다.

2. 방법

1) 세탁기 가동시 유기용제증기 배출특성 평가

용제를 사용하는 세탁기구조는 이중 드럼식으로 용제증기가 외부로 배출되게 하는 개방형과 외부로 배출되어 나가지 못하게 된 밀폐형이 있다. 이들 중 세탁 도중 또는 세탁 후 용제를 증류정제할 수 있는 세탁기를 핫머신(hot machine)이라고 하고, 여과장치만 있고 증류장치를 갖추지 않은 세탁기를 콜드머신(cold machine)이라 한다(김성권, 2000).

퍼클로에틸렌을 세탁용제로 사용하는 세탁기는 대부분이 밀폐형 핫머신 형태의 세탁기이지만 석유계용제를 사용하고 있는 세탁기는 용제의 여과장치만 붙어있는 개방형 콜드머신 형태로 운영되고 있는 것이 대부분이다. 후자경우 세탁과정 중 다량의 석유계 솔벤트 증기가 세탁기에 설치된 배기구(vent) 구멍을 통해 작업장으로 배출되게 되며, 이것이 세탁소내의 솔벤트 증기농도에 가장 큰 영향을 미칠 수 있다. 따라서 세탁기 가동 중 세탁기 배기구에서 배출되는 세탁용제의 배출특성을 확인할 필요가 있으며, 이것이 세탁소내의 전체 공간에 어떤 영향을 미치는지도 파악할 필요가 있다. 세탁용제의 배출특성 및 세탁소내의 공기 중 용제 농도에 어떤 영향을 미치는지 확인하기 위해 실시시간으로 총 휘발성 유기화합물질을 모

니터링 할 수 있는 장비인 Multigas monitor(Annova, Model 1312, Denmark)를 사용하였다. Multigas monitor의 보정은 고순도 질소(>99.99%)로 0 점 보정을 한 후, 일정량의 석유계 솔벤트를 마이크로시린지를 이용하여 채취한 후 고순도 질소(>99.99%)로 채운 100 l 테트라 백에 주입하여 표준농도를 만든 후 이를 이용하여 보정을 실시하였다.

2) 작업자의 석유계 유기용제 노출평가

석유계용제를 사용하는 세탁공정의 일반적인 작업과정은 전처리, 본세, 탈액, 건조, 다림질 과정으로 이루어진다. 자영업 세탁소 경우 종사자가 적어 업무분장 없이 전처리에서부터 다림질까지의 전체 과정을 한사람이 수행하는 경우가 대부분이었으며, 공장형 세탁소는 전처리 하는 사람, 세탁기에 세탁물을 투입 또는 꺼내는 작업을 하는 세탁기 운전자, 그리고 다림질만을 하는 사람들로 업무분장이 되어 있었다.

세탁작업에 있어서 순간적으로 가장 높은 농도에 노출될 수 있는 사람은 세탁기에 세탁물을 투입하거나 꺼내는 작업을 하는 사람이다. 이 경우 작업시간이 짧기 때문에 작업시의 노출정도를 평가하기 위해서는 짧은 시간간격으로 측정하는 측정기가 필요하다. 이번 조사 경우 측정 장비로 10.6 eV의 UV-lamp가 부착된 Organic vapor meter (TEI Inc., Model 580EZ, USA)를 사용하였다. 장비는 사용 전에 zero gas screen을 부착하여 zero gas 보정을 하였으며, 100ppm의 isobutylene span gas를 사용하여 span 보정을 실시하였다. Organic vapor meter로 측정된 결과를 석유계 솔벤트의 농도로 전환하기 위해 Multigas monitor와 동일한 방법으로 보정을 실시하였다.

1일 작업시간동안 노출평가를 위해 0.2 L/분으로 유량 보정한 개인시료 채취기(S.K.C, Model LFS-113DC, USA)로 세탁작업이 이루어지는 날에 6시간 이상 작업자의 호흡기영역에서 개인시료를 채취하였다(NIOSH, 1999).

세탁소내의 세탁물 투입구, 솔벤트증기

Table 1. GC analytical conditions for personal and area samples

Item	Condition
Instrument	HP 6890A, Hewlett Packard
Split ratio	50:1
Injection volume	1.0 μ l
Column	J&W DB-VRX, 60m \times 250 μ m \times 1.40 μ m
Carrier gas	N ₂ , 1.3 ml/min
Temperature	Injector : 250 $^{\circ}$ C, Oven : 110 $^{\circ}$ C, Detector : 250 $^{\circ}$ C
Detector	FID

배출구, 전처리대, 다림질대 등 주요위치에서 공기 중 솔벤트농도 평가를 위해 지역시료를 채취하여 분석하였다. 시료채취가 끝난 활성탄관(100mg/50mg)은 즉시 양 끝을 마개로 막고 밀봉하여 실험실에 냉동보관하면서 30일 이내에 분석하였다. 활성탄관의 앞층과 뒷층을 분리하여 0.5 ml의 이황화탄소로 탈착 하였으며, 탈착된 시료는 소량 채취하여 300 μ l 용량의 원추형 insert에 넣은 다음 이를 다시 GC 용 바이알에 넣어 정량분석 하였고, 분석 조건은 표 1과 같다.

이번 조사에 사용된 실시간 모니터링 기기 중 Multigas monitor는 최대 12개 지점에서 일정한 간격(20초 이상)으로 시료를 연속채취하여 분석할 수 있는 장비이며, Organic vapor meter의 경우 1개 지점에서 최소 1초 간격으로 유기용제 증기를 측정할 수 있는 장비이다. 따라서 세탁기 가동시의 유기용제증기 배출특성을 평가하기 위해서는 동시에 여러 개 지점에 모니터링이 필요했기 때문에 Multigas monitor를 사용하였고, 작업자의 석유계솔벤트 노출평가의 경우 작업특성상 순간적인 노출 변화 정도를 파악해야 하기 때문에 1초 간격으로 측정할 수 있는 Organic vapor meter로 측정하였다.

20kg, 30kg, 50kg 용량의 세탁기가 시판 중에 있다. 조사대상 사업장의 전체 석유계 솔벤트 세탁기는 22대였으며, 이 중 2대(20kg, 50kg 각 1대)를 제외한 20대가 모두 15kg 용량의 세탁기였다.

세탁물에 대한 전처리 후 세탁물을 세탁기에 넣고 가동을 하게 되는데 세탁기 1 회 가동과정을 좀더 자세히 살펴보면 1차 급유, 1차 세탁, 배유, 2차 급유, 2차 세탁, 배유, 탈유의 과정을 거치거나 급유, 세탁, 배유, 탈유의 과정을 거치게 된다. 전 과정을 마치는데 소요되는 시간은 각 단계의 시간을 어떻게 설정하느냐에 따라 달라지지만 보통 15~40 분 정도가 소요 된다. 세탁기마다 옷감의 종류, 오염정도에 따라 각기 다른 주기를 갖는 세탁공정을 선택할 수 있도록 자동 설정되어 있으며, 경우에 따라서는 수동으로 각 과정의 시간을 조절할 수 있도록 되어 있었다.

세탁기 가동 중 세탁물이 들어있는 드럼이 회전하면서 발생하는 석유계 솔벤트의 증기가 세탁기 배기구를 통해 작업장 내로 배출되며, 세탁물 투입구 경우도 완전히 밀폐되지 않을 경우 증기가 새어 나올 수 있다. 표 2 및 그림 1은 세탁기 1 회 가동시 배기구위치, 세탁물 투입구 위치에서 multigas monitor 장비로 측정한 석유계 솔벤트 분석결과이다.

세탁기 배기구에서의 전체 측정자료(시료 수 : 21개)에 대한 기하평균 농도는 166.6ppm으로 세탁기 가동시 다량의 솔벤트 증기가 작업장으로 배출 확산되고 있었다. 배기구에서 배출되는 솔벤트 농도범위는 64.3~547.2ppm으로 약 9배 정도의 농도차이를 보였다. 배기구에서 배출되는 솔벤트 증기의 농도차이에 영향을 줄 수 있는 요인으로는 세탁기에 투입된 세탁물의 무게, 옷감의 종류, 세탁기 드럼의 회전속도 등 여러 요인을 고려해 볼 수 있으나 어떤 요인이 농도 차이에 가장 많은 영향을 미치는지는 조사하지 못하였다.

세탁기를 가동하는 동안 닫힌 세탁기 투입구 위치에서 측정한 측정치들의 기하평균은 13.2ppm이었고 농도범위는 3.6~30.9ppm으로 조사되었다. 투입구 위치에서 측정하는 동안 세탁소 중간지점(주로 옷걸이대 위치)에서 측정한 석유계 솔벤트의 배경농도 결과는 기하평균이 5.5ppm이었고 측정치들의 범위는 1.4~15.9ppm으로 나타났다.

투입구위치 농도가 배경농도보다 높은 이유는 세탁기 가동시 투입구를 닫은 상태에서 운전을 하지만 투입구가 완전히 밀폐되지 않아 증기가 새고 있기 때문이다. 세탁기 투입구 문은 가장자리가 고무패킹 재질로 되어 있어 오래 사용할 경우 계속적으로 솔벤트에 노출되게 되어 밀폐특성이 감소하게 되고, 세탁기 가동시 세탁드럼이 회전하면서 발생하는 진동으로 인해 불완전한 패킹재질의 경우 솔벤트 증기가 새어 나오는 증가요인으로 작용하고 있었다.

그림 2는 세탁기 배기구 및 투입구에서 배출되는 솔벤트 증기가 작업장 전체에 어떻게 영향을 미치는지 보여주기 위해

III. 결과 및 고찰

1. 세탁기 가동시 세탁용제 배출특성

석유계 솔벤트를 사용하는 세탁기용량은 1회 세척할 수 있는 세탁물 무게로 흔히 표시되는데, 현재 국내경우 12kg, 15kg,

Table 2. The Concentration of airborne petroleum based solvent at main locations during one dry cleaning cycle of vented machine

Location	N	GM	GSD	Range
				(Unit:ppm)
Loading door	13	13.2	2.0	3.6~30.9
Vent	21	166.6	1.8	64.3~547.2
Background	8	5.5	1.7	1.4~15.9

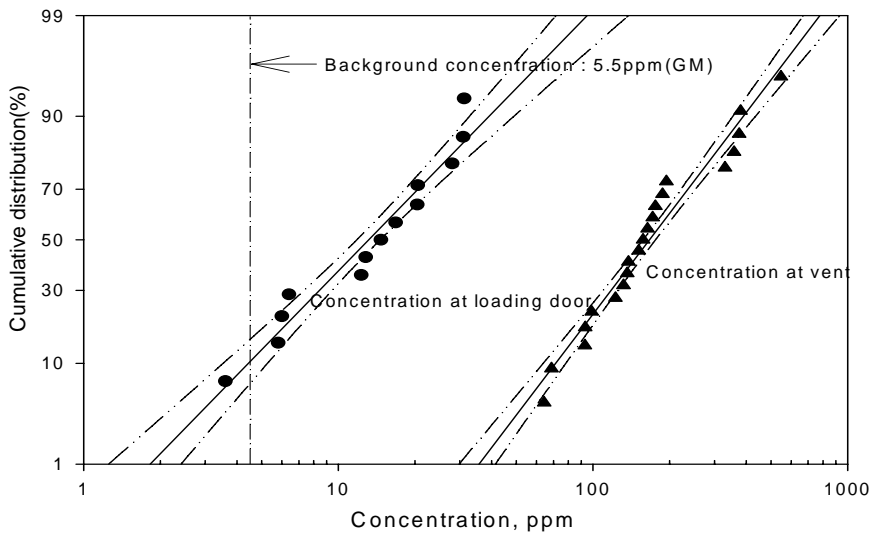


Fig 1. The distribution of airborne petroleum based solvent concentration at main locations during one dry cleaning cycle of vented machine.

세탁기 1 회 가동시 세탁기 배기구, 투입구, 세탁소내의 중간지점에 위치한 옷걸이대에서 실시간 측정된 결과이다. 평가대상 세탁소는 자영업 형태로 가동 중인 세탁기는 15 kg 용량이었으며, 세탁소 기적은 101.4 m³(7.5m x 5.2m x 2.6m)이었다. 그림 2에서 보면 배기구에서 배출되는 솔벤트 증기농도 변화 패턴과 세탁소 중간지점인 옷걸이대 위치에서 측정된 솔벤트 증기 농도 변화패턴이 상당히 유사함을 알 수 있다. 배기구에서 농도가 높아지면 약간의 시간 차이를 두고서 옷걸이대 위치에서 농도가 높아지고 있음을 알 수 있는데 이는 배기구에서 배출된 증기가 옷걸이대 위치까지 확산되어 농도를 증가시키고 있음을 알 수 있다.

이 평가의 경우 측정시간이 여름철이라 세탁소에 설치된 모든 창문 및 출입구 등이 개방되어 있는 상태로 배기구에서 배출된 솔벤트 증기 전부가 세탁소 내로 확산된 것이 아니어서 세탁소 중앙위치에서의 솔벤트 농도는 창문이 닫혀진 상태에 비해 과소평가된 결과이지만 배기구에서 배출되는 솔벤트 증기가 세탁소내의 솔벤트 증기 농도에 가장 큰 영향을 미치는 요인 중의 하나였다.

2. 세탁소 작업자의 석유계 솔벤트 노출평가결과

1) 세탁기에 세탁물 투입(load) 및 꺼내는(unload) 작업시 노출정도

Organic vapor meter를 사용하여 세탁기에 세탁물 투입 및 꺼내는 작업시의 작업자의 석유계 솔벤트 노출평가 해본 결

과(그림 3), 이들 작업이 전체 세탁작업 과정 중 순간적인 노출에 있어서 가장 고농도에 노출될 수 있는 작업으로 판단되었다.

평가대상 세탁기 경우 세탁용량은 15 kg 이었고 평가당시 세탁물량은 약 10 kg 정도로 옷감을 한꺼번에 세탁기에 투입한 것이 아니라 2회로 나누어서 세탁기에 투입 및 꺼내고 있었다. 세탁물 투입시의 최고 노출농도는 489.2ppm이었고, 세탁물을 꺼내는 작업의 최고 노출농도는 270.3ppm으로 꺼내는 작업보다는 투입 작업시의 노출농도가 높았다. 이는 세탁기 안에 고농도로 존재하고 있는 석유계 솔벤트 함유 공기가 세탁물이 투입되면서 그 부피만큼 세탁기 밖으로 빠져 나오기 때문인 것으로 보이며, 이러한 경향은 Earnest 등이 퍼클로에틸렌 세탁기를 대상으로 조사한 결과와 유사한 패턴을 보였다(Earnest et. al., 2002).

세탁기에 세탁물을 투입하는 시간 또는 세탁이 완료된 후 세탁물을 꺼낸 다음 건조기에 넣는 작업시간은 세탁기 용량, 세탁물량, 작업자의 작업방법에 따라 차이는 있을 수 있으나 대부분 5분에서 10분 사이에 끝나게 된다.

우리나라에서 사용되는 세탁소용 석유

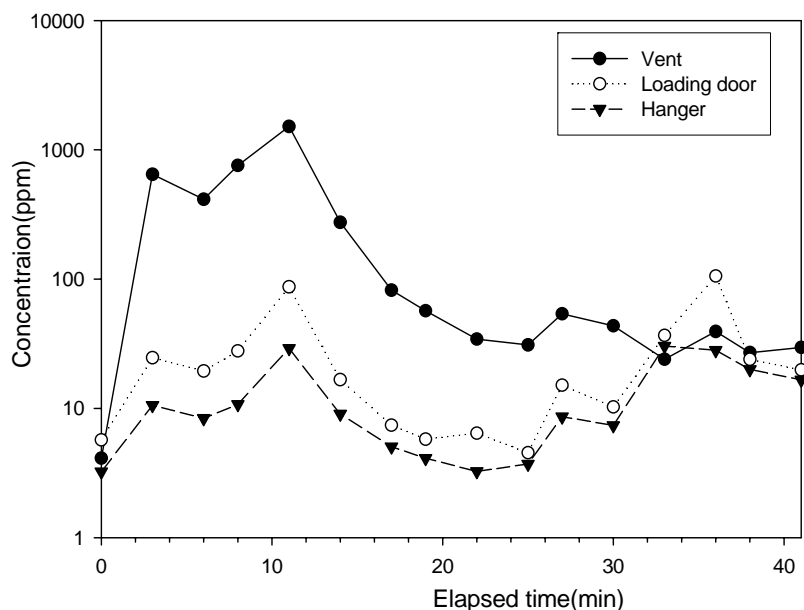


Figure 2. The real time monitoring results of airborne petroleum based solvent at main locations during one drycleaning cycle of vented machine.

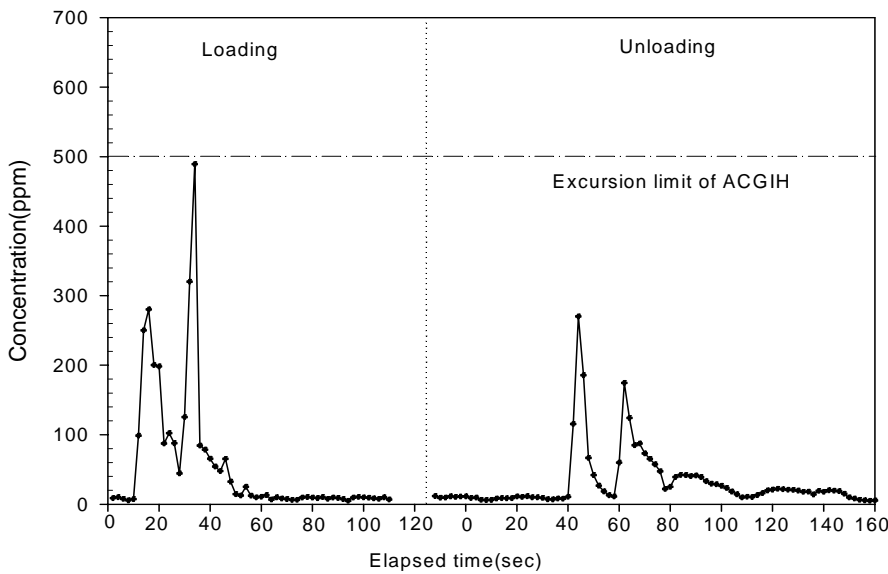


Figure 3. Operator exposure to petroleum based solvent during loading and unloading

계 솔벤트의 경우 노출기준 적용은 스토다드 솔벤트 노출기준을 적용하는 것이 타당하다(정지연, 2002). 스토다드 솔벤트에 대한 노출기준 경우 노동부 및 ACGIH에서는 8시간 시간 가중평균으로 노출기준(TWA-TLV)은 100ppm으로 규정하고 있지만 단시간 노출기준(STEL-TLV)이나 최고노출기준(C-TLV)에 대한 기준은 없는 상태이다. 그러나 ACGIH의 경우 TWA가 설정된 물질 중에서 STEL이나 C 값이 설정되어 있지 않은 물질에 대해서는 노출기준 상한치(excursion limit)를 적용하도록 권고하고 있다(ACGIH, 2004). 그 내

용을 보면 TWA의 3배 이상의 농도에서는 30분 이상 노출되지 않도록 하고 있으며, 5배 이상의 농도에 대해서는 어떤 경우라도 노출되어서는 안 된다고 규정하고 있다.

이번 측정결과를 이 노출기준 상한치와 비교해 보면 세탁물 투입 작업시의 최고 노출값이 489.2ppm으로 TWA-TLV의 5배 수준인 500ppm에 거의 근접한 수준임을 알 수 있다. NIOSH에서는 보다 엄격한 시간가중평균 권고기준(61ppm)과 최고노출 권고기준(312ppm)을 제시하고 있다(NIOSH, 1997b). 이 기준을 적용할 경우

세탁물을 꺼내는 작업시는 최고노출 권고 기준을 초과하지 않았으나 세탁물을 투입하는 작업의 경우는 이 기준을 초과하는 것으로 나타났다.

2) 주요 세탁작업 공정에서의 노출정도

(1) 세탁소 주요 위치에서 공기 중 솔벤트 농도

세탁소내 주요 위치에서 1일 작업시간 동안 공기 중 석유계 솔벤트 농도 측정결과는 표 3과 같다.

세탁물 투입구 위치의 시간가중평균농도는 자영업 세탁소 경우 1차 조사 때의 기하평균 농도는 7.3ppm, 2차 조사는 이보다 2배 정도 높은 14.3ppm이었으며, 공장형의 경우 1, 2차 조사의 기하평균 농도는 각각 9.5ppm, 13.1ppm 이었다. 세탁기 배기구 위치에서의 측정결과는 자영업은 1, 2차 조사가 각각 22.3ppm, 33.5ppm이었고, 공장형은 각각 20.8ppm, 36.8ppm으로 나타났다. 다림대 위치에서 측정된 결과는 자영업은 6.5ppm으로 1차와 2차 때의 기하 평균치가 동일하였고, 공장형은 1차조사는 7.8ppm, 2차조사는 6.7ppm으로 나타났다. 전체적으로 1차 조사보다는 2차 조사에서 농도가 높게 나타났고, 세탁소 형태에 따른 차이는 별로 없었다.

1차 조사보다 2차 조사에 농도가 높은 이유는 세탁업의 특성, 즉 계절에 따라 세탁물량의 차이가 큰 이유로 판단된다. 1

Table 3. Airborne concentration of petroleum based solvent at main locations in drycleaning shop

(Unit :ppm)

Location	Self-employed type				Factory Type				
	N	GM	GSD	Range	N	GM	GSD	Range	
Loading door	First	6	7.3	2.2	2.5~23.1	11	9.5	1.4	6.3~18.5
	Second	8	14.3	1.4	8.2~20.9	7	13.1	2.8	3.5~53.6
	All	14	10.7	1.9	2.5~23.1	18	10.8	2.0	3.5~53.6
Vent	First	6	22.3	1.9	12.8~65.3	6	20.8	1.3	14.2~31.2
	Second	6	33.5	1.6	19.5~67.2	6	36.8	2.4	13.1~94.9
	All	12	27.3	1.8	12.8~67.2	12	27.7	2.0	13.1~94.9
Press	First	13	6.5	1.6	3.6~21.1	6	7.8	1.4	5.3~11.2
	Second	17	6.5	1.5	3.6~18.5	11	6.7	1.7	2.4~14.8
	All	30	6.5	1.5	3.6~21.1	17	7.1	1.5	2.4~14.8
Total	56	10.0	2.1	2.5~67.2	47	11.8	2.2	2.4~94.9	

차 조사시점인 여름철보다는 가을에서 초겨울로 진입하는 2차 조사시점의 경우 세탁물량이 많은 것으로 조사되었다. 공장형 세탁소가 자영업 세탁소에 비해 세탁기 대수 및 하루에 세탁하는 세탁물량이 훨씬 많음에도 불구하고 공기 중 농도차이가 거의 없었는데, 이는 자영업 세탁소가 공장형에 비해 면적(또는 기적)이 훨씬 적고, 또한 국소배기 없이 전체환기로 희석되는 양이 상대적으로 공장형에 비해 적기 때문에 공기 중 농도는 비슷하게 나타난 것으로 보인다.

(2) 세탁 작업자의 노출농도

세탁소 작업자의 업무에 따른 석유계 솔벤트의 개인노출 정도를 평가한 결과는 표 4와 같다.

자영업 세탁소 경우 작업자가 세탁물 전처리 및 세탁기 운전, 다림질까지의 전 과정을 담당하기 때문에 이를 구분하여 평가한다는 것은 불가능하였다. 자영업 세탁소 작업자의 석유계 솔벤트 노출정도를 보면 1차 조사에서는 기하평균으로 21.3ppm이었고, 2차 조사에서는 31.1ppm으로 나타났다.

공장형 경우 전처리 및 세탁기 운전을 담당하는 사람과 다림질 업무만을 하는 사람이 분리되어있기 때문에 각각의 업무에 따른 평가가 가능하였다. 조사결과를 보면 전처리 및 세탁기 운전을 담당하는 사람 경우 1차 조사에서의 시간가중평균 노출농도는 기하평균으로 20.7ppm이었고,

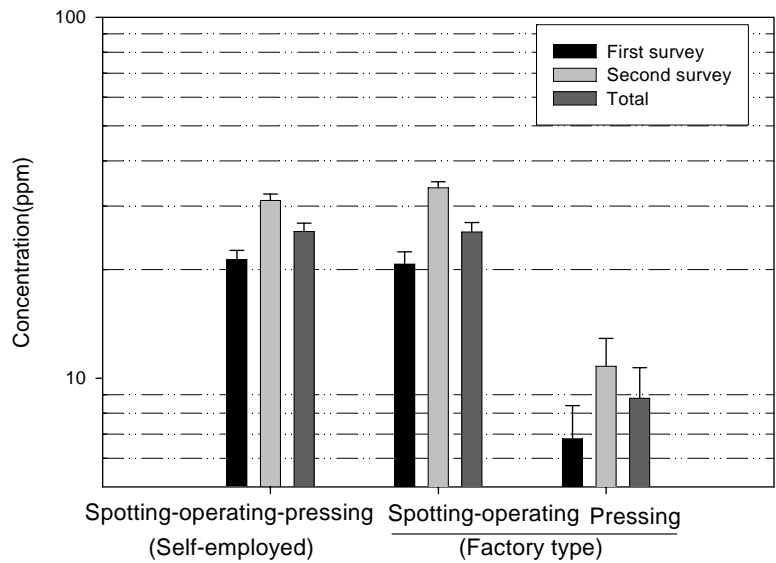


Figure 4. Time-weighted average of worker exposure to solvent by job type

2차 조사에서는 33.7ppm 이었다. 그리고 다림질 작업자의 1, 2차 조사에서의 시간가중평균 노출농도는 각각 6.8ppm, 10.8ppm으로 나타났다. 공장형이든 자영업이든 모든 작업자의 노출수준은 노동부 및 ACGIH의 시간가중평균 노출기준인 100ppm, 그리고 NIOSH의 61ppm에 비해 낮게 나타났다.

그림 4는 작업 및 세탁소 형태에 따른 작업자의 석유계 솔벤트 노출정도를 나타낸 것이다. 세탁소 주요위치에서 공기 중 석유계 솔벤트 농도 측정결과와 마찬가지로 작업자의 평균 노출정도는 1차 조사보다는 2차 조사에서의 농도가 약 1.5 배정

도 높았고, 전처리 및 세탁기 운전자의 전체 평균농도 25.4ppm으로 다림질 작업자 전체 평균 8.8ppm에 비해 약 2.9배정도 높게 나타났다.

Benzene, toluene, xylene, ethylbenzene, 2-butoxy ethanol를 대상으로 노영만 등 (2001)과 Jo & Kim(2001)이 실시한 노출 평가 결과를 보면 벤젠을 제외하고는 모두 0.5ppm이하로 노출기준에 비해 훨씬 낮은 수준을 보이고 있다. 벤젠 경우 노출기준이 2002년 7월 1일을 기준으로 기존의 10ppm에서 1ppm으로 강화된 물질이다(노동부, 2002). Jo & Kim(2001)의 연구 결과에서는 솔벤트 벌크시료에서의 벤젠

Table 4. Time-weighted average worker exposure to petroleum based solvent

(Unit : ppm)

Type	Task	N	GM	GSD	Range	
Self-employed	Spotting-operating-pressing	First survey	13	21.3	1.3	16.5~34.1
		Second survey	12	31.1	1.3	20.8~45.2
		Total	25	25.5	1.4	16.5~45.2
Factory type	Spotting-operating	First survey	11	20.7	1.7	9.0~ 0.1
		Second survey	8	33.7	1.3	25.9~48.2
		Total	19	25.4	1.6	9.0~50.1
Factory type	Pressing	First survey	12	6.8	1.6	3.7~15.4
		Second survey	15	10.8	2.1	3.4~26.5
		Total	27	8.8	1.9	3.4~26.5

함량이 0.01~0.02%이었으며, 공기 중 벤젠농도는 최고 3.7ppb으로 보고하고 있다. 노영만등(2001)의 연구결과에서는 솔벤트 별크시료 중의 벤젠함량은 미검출~1.28%이었으며, 개인노출량으로는 기하평균값이 1.43ppm이었다.

본 연구에서 정성 및 정량 분석한 4종의 석유계 솔벤트는 비록 제품이 개선되어 제품명이 약간 달라졌지만 Jo & Kim (2001)과 노영만등(2001)에 의해 각각 1999년과 2000년에 분석된 솔벤트를 생산하는 업체를 모두 포함하고 있다. 그러나 이번 조사에서 실시한 4종 별크시료를 대상으로 한 정성 및 정량분석 결과 지금까지 평가된 5가지 물질 중 검출된 물질은 xylene 뿐이었으며 그 함량도 중량비는 0.02~0.08%에 불과했다. 이는 석유계 솔벤트를 생산하고 있는 국내 정유업자들이 방향족 특유의 냄새를 가능한 제거하기 위해 수소첨가 공정을 추가하여 방향족 화합물을 납센 화합물로 전환시키고 있다는 점이 그 이유 중의 하나로 판단된다.

미국에 있어서도 대부분 세탁소가 퍼클로에틸렌을 사용하기 때문에 석유계 솔벤트를 사용하는 세탁소를 대상으로 연구된 노출평가 자료는 거의 없는 실정이다. 오래된 자료이긴 하지만 Oberg가 1967년 Detroit 시내 소재 석유계 솔벤트를 사용하고 있는 140개의 세탁소 중 30개를 대상으로 실시한 노출평가 자료가 있는데 (Oberg, 1968), 이 자료가 현재 ACGIH의 Documentation of TLV에서 검토한 유일한 현장평가 자료이다(ACGIH, 2001). Oberg에 의한 세탁소 공기중의 석유계 솔벤트 측정결과를 살펴보면 세탁기가 가동되는 동안의 공기 중 농도는 평균 25~65ppm이었으며, 8시간가중평균 농도는 15~35ppm이었다고 보고하고 있다. 이 조사 결과는 세탁물을 투입하여 최종 건조까지의 과정중심으로 평가된 자료이기 때문에 이번 세탁소 주요위치 즉 세탁물 투입구 및 세탁기 배기구 위치에서 하루 6시간 이상 측정 평가한 자료와 비교가 가능하다고 판단되며, 이번 조사에서의 두 위치에서 시간가중평균농도는 10.7~27.7ppm으로 Oberg의 조사결과보다는 약간 낮은

결과를 보이고 있었다.

IV. 결 론

석유계 솔벤트를 사용하고 있는 세탁소 중 자영업과 공장형 세탁소를 각각 8개소와 5개소를 선정하여 2회 반복(1차 조사: 2002년 7월~8, 2차 조사: 2002년 10월~11월)하여 실시한 현장평가 결과는 다음과 같다.

1. Multigas monitor를 이용하여 측정된 세탁기 가동시 배기구위치에서 기하평균 농도는 166.6ppm, 투입구 위치 13.2ppm, 배경농도는 5.5ppm으로 조사되었으며, 세탁기 배기구에서 배출된 석유계 솔벤트 증기가 세탁소내의 솔벤트 농도에 가장 큰 영향을 미치고 있는 것으로 나타났다.

2. 세탁기에 세탁물 투입 및 꺼내는 작업시 석유계 솔벤트에 대한 작업자의 순간적인 최고 노출수준을 평가한 결과, 투입시 489.2ppm, 꺼낼 때 270.3ppm으로 투입시의 노출수준은 ACGIH에서 권고하고 있는 노출기준 상한치(excursion limit, 500ppm)에 근접한 수준이었고, NIOSH의 최고 노출기준(C, 312ppm)을 초과한 것으로 나타났다.

3. 세탁물 투입구, 세탁기 배기구, 그리고 다림대 위치에서 1일 작업시간동안 시간가중평균농도로 평가한 석유계 솔벤트의 공기중 기하평균 농도는 자영업이 각각 10.7ppm, 27.3ppm, 그리고 6.5ppm이었고, 공장형이 각각 10.8ppm, 27.7ppm, 그리고 7.1ppm으로 세탁업 형태에 따른 차이는 별로 없었다.

4. 작업자를 대상으로 한 노출평가 결과를 살펴보면, 1차 조사(7~8월)의 시간가중평균 노출농도(자영업형: 21.3ppm, 공장형: 20.7ppm)보다는 2차 조사(10~11월)에서의 농도(자영업형: 31.1ppm, 공장형: 33.7ppm)가 약 1.5배정도 높았고, 작업자의 업무에 따른 평가, 즉 전처리 및 세탁기 운전자의 시간가중평균 노출농도는 25.4ppm으로 다림질 작업자의 노출농도 8.8ppm에 비해 약 2.9배정도 높게 나타

났으나 모두 노동부 노출기준(100ppm) 미만으로 평가되었다.

이번 평가결과 석유계 솔벤트를 사용하는 세탁작업 시 가장 노출이 높은 작업은 세탁기에 세탁물을 투입하거나 꺼내는 작업이었으며, 또한 세탁기 배기구에서 빠져나오는 솔벤트 증기가 세탁소내의 석유계 솔벤트 농도에 가장 크게 영향을 미치는 것으로 나타났다. 따라서 세탁물 투입 및 꺼내는 작업시 노출을 최소화하기 위한 개입조치(intervention)가 필요한 것으로 나타났다. 개입조치의 일환으로 유기용제 증기 배구에 덕트를 설치하여 작업장 외부로 배출시키는 방안, 유기용제증기를 외부로 배출시키지 않고 재 회수 하여 응축시키는 방법인 밀폐형 세탁기를 도입하는 방안, 그리고 이와 함께 세탁물이 들어 있는 바스켓 안의 유기용제 농도가 일정 농도 이하가 되어야만 세탁기 문이 열리도록 하거나 일정한 농도이하로 내려가더라도 세탁기 문을 열었을 때 세탁기 내부가 음압이 유지되도록 하는 방안 등 여러 각도에서 개선 방안이 모색되어야 할 것으로 보인다.

REFERENCES

김성련. 세제와 세탁의 과학. 교문사; 2000.(277-282쪽.)
 노동부. 화학물질 및 물리적 인자의 노출 기준(고시 제 2002-8호). 노동부; 2002. (46쪽.)
 노동부. 산업안전보건법규집. 한국산업안전공단; 2003.(348쪽.)
 노영만, 권기범, 박승현, 정지연. 일부세탁소의 유기용제 관리 실태 및 공기중 노출농도에 관한 연구. 한국산업위생학회지 2001;11(1):70-77
 장병규. 세탁용제에 관한 연구. 한국세탁문화연구원; 1994.(25쪽.)
 정지연, 이광용, 이나루, 전홍진, 김성진, 이인섭, 김광중. 노출기준 적용을 위한 세탁소용 석유계 솔벤트 특성 규명. 한국산업위생학회지 2003;13(1): 74-81

- American Conference of Governmental Industrial Hygienists(ACGIH). Documentation of the threshold limit values and biological exposure indices. 7th ed., ACGIH, 2001. p. stoddard solvent-1-stoddard solvent-3.
- American Conference of Governmental Industrial Hygienists(ACGIH). 2004 TLVs[®] and BEIs[®]: Threshold limit values for chemical substances and physical agents. ACGIH, 2004. p.4-5.
- Department of Labor(DOL). Bureau of labor statistics. 2002 Available from: URL: <http://stats.bls.gov/iif/oshsum.htm>
- Earnest GS, Ewers M, Ruder A, Petersen MR, Kovein RJ. An evaluation of retrofit engineering control interventions to reduce perchloroethylene exposure in commercial dry cleaning shop. Appl. Occup. Environ. Hyg. 2002;17(2):104-111
- Jo WK, Kim SH. Wokers expsoure to aromatic volitile organic compounds in dry cleaning stores. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 2001;62:466-471
- National Institute for Occupational Safety and Health(NIOSH). Control of Health and Safety Hazards in Commercial Drycleaners. DHHS(NIOSH) Pub. No. 97-150, NIOSH, 1997a. p.1-3.
- National Institute for Occupational Safety and Health(NIOSH). NIOSH pocket guide to chemical hazards. DHHS (NIOSH) Pub. No. 97-140, NIOSH, 1997b.
- National Institute for Occupational Safety and Health(NIOSH). NIOSH Manual of analytical method 1550. DHHS (NIOSH) Pub. No. 99-115, NIOSH, 1999.
- Oberg M. A survey of the petroleum solvent inhalation exposure in Detroit dry cleaning plants. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 1968;547-550