

근로자의 트리클로로에틸렌 폭로 농도와 요중 총삼염화물 및 삼염화초산 농도와의 관계

가톨릭대학교 산업보건대학원 산업위생학과

전하섭, 김현욱

— Abstract —

The Relationship Between Airborne Trichloroethylene Concentrations and Total Trichloro-compounds and Trichloroacetic Acid in Urine

Hasub Jeon, Hyunwook Kim

*Department of Occupational Hygiene, Graduate School, of
Occupation Health, Catholic University, Seoul, Korea*

This study was designed to establish the relationship between airborne trichloroethylene concentrations and total trichloro-compounds and trichloroacetic acid in urine samples of the trichloroethylene exposed workers, to examine if the biological screening value for trichloroacetic acid in urine set by the Ministry of Labor is appropriate, and to suggest a suitable biological screening value for total trichloro-compounds in urine. Seventy male workers from the cleaning, the packing, and the inspection areas were selected as the study group and eighty male office workers were chosen as the control group.

The results were as follows:

1. The mean values of total trichloro-compounds and trichloroacetic acid in the exposed group (48.1 ± 1.5 mg/ℓ, 19.7 ± 1.9 mg/ℓ) were significantly higher than those in the control group (4.3 ± 1.5 mg/ℓ, 1.8 ± 1.2 mg/ℓ).
2. The airborne trichloroethylene concentrations were significantly related with the concentrations of total trichloro-compounds in urine ($r=0.8212$) and the concentrations of trichloroacetic acid in urine ($r=0.7216$).
3. The average trichloroethylene concentrations in the manual cleaning plants and that in the automatic cleaning plants were 40.1 ppm and 7.7 ppm, respectively. The difference between two groups was statistically significant.
4. The geometric mean of 49.6 ppm trichloroethylene concentration was resulted in the

185.4 mg/ℓ total trichloro-compounds in urine, and the 50 ppm trichloroethylene concentration was expected to produce 170.4 ± 28.5 mg/ℓ total trichloro-compounds in urine.

5. With the geometric mean of 49.6 ppm trichloroethylene concentration, the corresponding geometric mean concentration of trichloroacetic acid in urine was 74.7 mg/ℓ

In conclusion, the level of personal exposure to trichloroethylene concentration was significantly correlated with the concentrations of total trichloro-compounds and trichloroacetic acid in urine. Current biological screening value of 75 mg/ℓ for trichloroacetic acid in urine set by the Ministry of Labor was thought to be appropriate, and a biological screening value for total trichloro-compounds in urine should be set in the range of 170.4 ± 28.5 mg/ℓ as a reference value for trichloroethylene exposure.

서 론

트리클로로에틸렌은 사업장에서 일반적으로 톨루엔과 같이 많이 쓰이는 유기용제의 일종으로써, 특성은 불용성이며 값이 저렴하고, 각종 지방질이나 유기물을 제거할 수 있어 다용도 솔벤트 용이나 세정제, 용매 추출용으로 널리 사용되어 왔으며, 이러한 사용 과정에서 많은 사람들이 트리클로로에틸렌 증기에 폭로되고 그로 인해 인체의 중추신경계, 말초신경계, 간, 심장 그리고 신장 등에 영향을 받게 된다. (Simth, 1966; WHO, 1985).

트리클로로에틸렌은 주로 호흡기를 통해 체내에 흡입되면서 두 과정을 통해 체외로 배출하게 되는데, 하나는 화학적 변화없이 폐를 통해 배출되고, 하나는 간장의 신진대사를 통해 배출된다. 신진대사작용은 간에서 대부분 이루어지고 신장에서는 dichlorovinylcystein(DCVC)가 형성되어지며, 또한 폐나 다른 조직에 의해서도 이루어지고 있다(Davidson과 Beliles, 1991). 근로자들의 폭로 정량 지표는 몸안에 흡수되는 트리클로로에틸렌 농도에 의해서 평가할 수 있다(Roach, 1966; Elkins, 1967).

트리클로로에틸렌의 주요 대사작용을 보면 일반적으로 트리클로로에틸렌을 흡입하면, 1단계는 chloroal hydrate로 되고, 2단계는 트리클로로아세트산과 트리클로로에탄올로 되며, 마지막 3단계는 요중 트리클로로아세트산과 요중 트리클로로

에탄올로 되어 몸 밖으로 배설하게 된다(Williams, 1959; Daniel, 1963; Byngton과 Leibman, 1965). 이러한 신진대사작용으로 트리클로로에틸렌의 약 73%를 (모노클로로아세트산은 4%, 트리클로로아세트산은 19%, 그리고 트리클로로에탄올은 50%)배설한다고 하며 (Soucek과 Vlachova, 1960), 나머지 20-30%는 지방에 축적되어진다고 하나 명확하게 알려지지 않았다(Monster 등, 1979).

트리클로로에틸렌에 대한 근로자의 건강장해를 예방하기 위해서는 많은 연구조사를 필요로 하는데, 우리나라에서는 백남원 등(1970)이 모 콘덴서 제조 공장 새척실의 근로자 7명에 대해 트리클로로에틸렌 중독 여부에 대한 조사와 작업환경 측정을 하였고, 김형아와 이광목(1989)은 1개 사업장 도금 작업자 13명에 대한 트리클로로에틸렌 중독 여부와 작업환경 조사를 주로 지역 포집하여 연구하였으며, 김창엽 등(1989)은 트리클로로에틸렌의 사업장 내 관리실태와 취업 근로자들의 트리클로로에틸렌 폭로 정도를 13개 사업장 144명에 대해 조사하였으나, 작업환경 조사와 요 채취시기가 같지 않았고, 공기 중 트리클로로에틸렌 개인 포집과 요 채취 시기가 일치하는 근로자는 12명 뿐이었으며, 그 결과 개인 폭로농도와 요 중 삼염화초산의 농도 사이에는 유의한 상관관계가 나타나지 않았다고 하였다. 이경희와 백남원(1993)은 중소 기업 도금 공장에서 트리클로로에틸렌 폭로와 탈지조의 발산량과 작업환경 관리 개선에 대해 연구하였다. 외국에서는 트리클로로

에틸렌 폭로농도와 요중 대사산물에 대하여 많은 연구(Ogta 등, 1971; Ikeda 등, 1972)가 발표되고 있는 상태이며, 개인 폭로 농도와 요중 대사산물은 상관관계가 있다는 연구 보고가 있었다.

따라서 본 연구는 트리클로로에틸렌을 취급하는 작업장의 공기 중 트리클로로에틸렌 개인 폭로농도와 요중 총삼염화물, 요중 삼염화초산의 관련성과 노동부의 정기건강진단시 요중 삼염화초산의 선별한계 농도가 타당한지 알아보고, 요중 총삼염화물에 대한 선별한계 참고치 설정 여부와 선별한계를 설정한다면 그 수준은 어느 정도인지를 결정하기 위하여 본 연구를 시도하였다.

대상 및 방법

1. 대상

서울 근교 지역(서울, 성남, 인천)에서 트리클로로에틸렌을 취급하는 근로자 70명을 폭로군으로 하였고, 트리클로로에틸렌에 전혀 폭로되지 않은 사무실 근무자 80명을 대조군으로 하였다. 대상 사업장은 전부 금속을 취급하는 제조업으로써 시계 케이스 제조업, 사진 금속액자 제조업, 주방용품 제조업, 도금업, 고무 로울러 제조업으로 하였다. 도금 제조업과 시계 케이스 제조업 1개 사업장과 사진 액자 제조업 1개 사업장은 50명 이하의 사업장이며, 사진 금속액자 제조업 1개 사업장과 고무 로울러 제조업 사업장은 200명 이하이었고, 주방용품 제조업 2개 사업장과 시계 케이스 제조업 1개 사업장은 500명 이상인 사업장이었다.

2. 측정방법

1) 조사항목

근로자의 연령, 근무년수, 1일 근무시간은 개인에게 직접 질문하여 조사하였고, 공기 중 트리클로로에틸렌 개인 폭로농도 및 요중 총삼염화물량 요중 삼염화초산량은 정량 분석하였다.

2) 작업장의 공기 중 트리클로로에틸렌 농도 측정

트리클로로에틸렌을 직접 취급하거나 폭로되는 근로자에게 개인 시료포집기(Model 224-PCX-

R7, SKC, USA)를 근로자의 몸에 부착 시킨 후 호흡기 위치에서 활성탄관(coconut shell, 100mg/50mg, SKC, USA)으로 포집하였다.

포집 유량은 0.1-0.2 l/min으로 하였으며, 포집시간은 2-3시간으로 하였고, 오후 1-5시 사이에 포집하였다. 포집된 활성탄관은 양쪽을 프라스틱 마개로 봉한 후 얼음박스에 넣고 실험실에 옮겨 활성탄관을 절단하고 앞층과 뒷층을 분리하여 각각 소형 유리병에 넣은 후 1ml 피펫을 사용하여 이황화탄소(CS₂) 1ml씩을 넣고 셰이커(shaker)로 30분간 흔들어 흡착된 트리클로로에틸렌을 용출시켰다. 용출된 상등액을 자동주입기(Hewlett Packard 7673 GC/SFC, USA)를 이용하여 이 용액 1 μl 를 가스크로마토그래프(Hewlett Packard 5890 series II, USA)에 주입시켜 정량 분석하였고, NIOSH(1984) 분석방법 'Method No 1022'에 준하여 분석하였다.

본 실험에서 사용한 가스크로마토그래프의 분석 조건은 다음과 같다.

Column	Capillary column (Carbowax 20M 25m×0.32 mm×0.3 μm film)
Temperature	Injector temperature 210°C Detector temperature 250°C Program 60°C 2min 10°C/min to 100°C
Detector	FID
Flow rate	N ₂ : 30 ml/min H ₂ : 33ml/min Air: 330ml/min

3) 요중 총삼염화물량 및 삼염화초산 측정

요 채취는 주중 금요일에 트리클로로에틸렌 공기 중 농도 시료 포집이 끝난 후 종이컵에 성명용쓰고 개인에게 배포하였으며, 요 채취시간을 오후 3-5시 경으로 하였다. 채취한 요는 시험관에 옮긴 후 얼음박스에 보관하여 운반하였고, 실험실의 냉장고에 급냉동시켰으며, 분석방법은 비색법(Tanaka와 Ikeda, 1968)을 이용하여 정량분석하였다.

3. 통계처리

수집된 자료는 SAS 통계 프로그램을 이용하여 평균과 표준편차를 구하였고, 각 변수 사이의 상

관분석, 회귀분석 등을 실시하였다.

성 적

1. 조사 대상자의 일반적인 특성

대상군 150명 중 폭로군은 70명, 대조군은 80명이었고, 남자는 67명(45.3%) 여자는 83명(54.7%)이었다. 평균 연령을 보면 폭로군은 40.0세 이었고, 대조군은 42.3세 이었다. 폭로군의 근속년수를 보면 5.9 ± 4.1 년(범위 0.1-15.0년)이었고, 대조군은 9.5 ± 4.5 년(범위 0.1-15년)이었다. 연령 비율로 보면 40-49세 사이가 전체 대상자 38%인 57명으로 가장 많은 비율을 차지하고 있었다.

표 1은 일반적인 특성을 나타낸 것이며, 폭로군 및 대조군은 40-49세, 30-49세가 다수를 차지하였다.

2. 작업환경 농도

작업환경 측정은 트리클로로에틸렌을 직접 취급하고 세척기에서 나온 제품을 포장하는 제조업으로써 사진 금속액자 제조업, 시계 케이스 제조업, 주방용품 제조업, 도금업, 고무 로올러 제조업을 대상으로 실시하였으며, 표 2와 같이 개인 폭로 농도가 노동부 허용기준인 50ppm를 초과하는 근로자는 14.2%인 10명 이었다.

세척방법에 따른 개인 폭로농도를 알아 보기 위해 수동과 자동으로 구분하였다. 표 3에서 보는 바와 같이 수동 세척방법에서는 근무하는 근로자 21명 중 10명이 허용기준인 50ppm를 초과하였으며, 자동 세척방법에서는 허용기준을 초과하는 근로자는 없었고, 두 방법 간 트리클로로에틸렌 개인 폭로농도는 유의한 차이가 있었다($P < 0.001$). 포장 및 검사실에서는 자동방법은 11.9 ± 2.7 ppm, 수동방법은 12.1 ± 1.7 ppm으로 나타나 유의한 차이가 없었다.

Table 1. General characteristics of subjects

	Exposed group	Control group
No. of subjects	70	80
Age(yr)	40.0 ± 10.3	42.3 ± 8.0
Work duration(yr)	5.9 ± 4.1	9.5 ± 4.5

Table 2. Airborne trichloroethylene concentrations by types of industry

Industry	Workshop	Worker	GM(ppm)	GSD	>PEL(worker)
Picture metal frame	3	27	23.2	1.6	2
Watch case	2	3	12.0	6.7	1
Stainless steel kitchen	2	21	14.3	2.0	4
Metal coating	3	12	9.9	2.0	2
Rubber metal roller	2	7	35.3	1.1	1

G M: Geometric mean

PEL: Permissible exposure limit

GSD: Geometric standard deviation

Table 3. Airborne trichloroethylene concentrations by cleaning methods

Cleaning method	Worker	GM(ppm)	GSD	Range	>PEL(worker)
Automatic	11	7.7	2.5	(1.9-32.8)	0
Manual	21	40.1	1.6	(7.8-157.4)	10

G M: Geometric mean

PEL: Permissible exposure limit

GSD: Geometric standard deviation

3. 총삼염화물 농도 및 삼염화초산 농도

요중 총삼염화물과 삼염화초산 농도는 트리클로로에틸렌, 1,1,1-트리클로로에탄, 퍼클로로에틸렌 등에 폭로된 근로자에 대한 생물학적 감시의 지표로 이용되고 있다. 표 4는 각 업종별 폭로군과 대조군의 요중 총삼염화물 농도와 요중 삼염화초산 농도를 나타낸 것으로서 요중 비중으로 보정하였을 때, 폭로군에서 요중 총삼염화물 기하평균 농도는 48.1mg/ℓ (1.7-587mg/ℓ) 이었으며, 요중 삼염화초산의 기하 평균 농도는 19.7mg/ℓ (0.4-272.3mg/ℓ)이었다. 대조군에서는 요중 총삼염화물의 기하평균 농도는 4.3mg/ℓ 이었고, 요중 삼염화초산의 기하평균 농도는 1.8mg/ℓ 이었다. 폭로군과 대조군 간 요중 총삼염화물 농도와 요중 삼염화초산의 농도 사이에는 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($P < 0.001$).

요중 삼염화초산 노동부 선별한계인 75mg/ℓ 을 초과하는 근로자는 70명 중 14.3%인 10명 이었다.

4. 트리클로로에틸렌 폭로 농도와 요중 총삼염화물 및 삼염화초산의 관계 분석

표 5는 트리클로로에틸렌 개인 폭로농도를 25ppm 이하군과 25-50ppm 이하군 및 50ppm 이상군으로 나누어 각 군별로 요중 총삼염화물과 삼염화초산 농도를 표시한 것이다. 공기 중 트리클로로에틸렌 농도가 높아질수록 요중 총삼염화물 농도와 요중 삼염화초산 농도가 높아지는 것을 볼 수 있다.

그림 1은 공기 중 트리클로로에틸렌 개인 폭로 농도와 요중 총삼염화물 농도와의 관계를 나타낸 것이다. 요중 총삼염화물 농도와 공기 중 트리클로로에틸렌 개인 폭로농도와의 관계는 요중 총삼

Table 4. Total trichloro-compounds and trichloroacetic acid concentrations in urine by types of industry

Industry	Workshop	Worker	TTC(mg/ℓ)		TCA(mg/ℓ)	
			GM	GSD	GM	GSD
Picture metal frame	3	27	51.5	1.4	23.4	1.9
Watch case	2	3	25.4	11.2	10.7	4.9
Stainless steel kitchen	2	21	52.4	2.2	21.1	1.4
Metal coating	3	12	52.0	1.8	19.2	2.1
Rubber metal roller	2	7	37.1	1.2	16.5	1.3
Total	12	70	48.1	1.6	19.7	1.9
Control group	1	80	4.3	1.3	1.9	1.2

*The values were corrected by the specific gravity of urine of 1.024.

TTC: Total trichloro-compounds

GM: Geometric mean

TCA: Trichloroacetic acid

GSD: Geometric standard deviation

Table 5. Total trichloro-compounds and trichloroacetic acid concentrations by airborne trichloroethylene concentration

TCE(ppm)	Worker	TTC(mg/ℓ)		TCA(mg/ℓ)	
		GM	GSD	GM	GSD
>25.0	39	41.9	1.9	10.3	1.4
25-49.9	21	65.7	1.9	27.8	1.5
50 ≤	10	274.5	1.3	119.0	3.2

TCE: Trichloroethylene

TTC: Total trichloro-compounds

GSD: Geometric standard deviation

TCA: Trichloroacetic acid

G M: Geometric mean

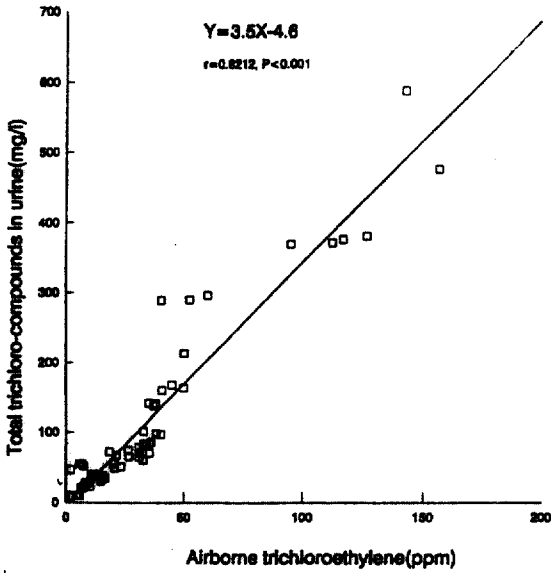


Fig. 1. Relationship between total trichloro-compounds in urine and airborne trichloroethylene concentrations.

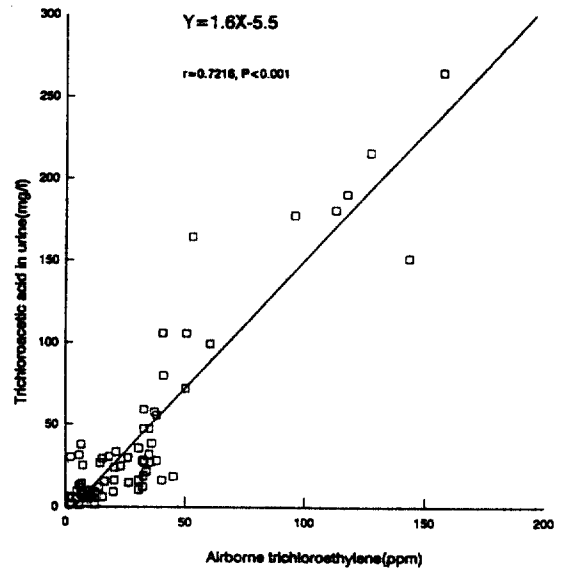


Fig. 2. Relationship between trichloroacetic acid in urine and airborne trichloroethylene concentrations.

염화물(mg/l) = 3.5 × 공기 중 트리클로로에틸렌 농도(ppm) - 4.6 (r=0.8212, P<0.001)로 유의한 상관관계를 보였으며, 그림 2는 공기 중 트리클로로에틸렌 개인 폭로농도와 요중 삼염화초산 농도와의 관계를 나타낸 것이다. 요중 삼염화초산 농도와 공기 중 트리클로로에틸렌 개인 폭로농도와의 관계는 요중 삼염화초산(mg/l) = 1.6 × 공기 중 트리클로로에틸렌 농도(ppm) - 5.5 (r=0.7216, P<0.001)로 유의한 상관관계를 보였다.

표 6은 트리클로로에틸렌 개인 폭로농도와 요중 총삼염화물 및 삼염화초산 농도 선별한계와의 관계를 나타낸 것이다. 공기 중 트리클로로에틸렌 개인 폭로농도가 평균 49.6ppm일때 요중 총삼염화물 농도는 평균 185.4mg/l 이었고, 요중 삼염화초산 농도는 평균 74.7mg/l 이었으며, 근로자 2명 중 1명이 트리클로로에틸렌 농도 허용기준 50ppm을 초과하는 것으로 나타났다.

5. 트리클로로에틸렌 개인 폭로농도와 요중 총 삼염화물 및 삼염화초산 농도의 선별 한계와의 관계분석

고 찰

트리클로로에틸렌을 사용하여 세척하고 건조

Table 6. Airborne trichloroethylene concentration by trichloroacetic acid in urine

TCA (mg/l)	Worker (A)	TCE (ppm)	TCA (mg/l)	TTC (mg/l)	>PEL(TCE 50 ppm) (Worker) (B)	B/A (%)
		GM	GM	GM		
< 50.0	56	12.5	12.9	34.9	0	0
50-59.9	3	39.4	55.0	132.8	1	33
60-69.9	0	0	0	0	0	0
70-79.9	2	49.6	74.7	185.4	1	50
80 ± 9	9	84.0	159.5	342.5	8	89

TCA: Trichloroacetic acid
TCE: Trichloroethylene
TTC: Total trichloro-compounds

PEL: Permissible exposure limit
G M: Geometric mean

후 포장 및 검사하는 서울 근교지역 사업장 중 시계 케이스 제조업, 사진 금속액자 제조업, 도금업, 고무 로울러 제조업, 주방용품 제조업을 선정하여 공기 중 트리클로로에틸렌 농도와 요중 총삼염화물 및 요중 삼염화초산의 농도를 측정 비교하였다. 대상 사업장에서 공기 중 트리클로로에틸렌의 농도가 노동부(1991a) 및 미국 ACGIH(1991)의 권고기준인 50ppm을 초과하는 사업장은 12개 사업장 중 1개 사업장 이었으며, 세척 작업자의 트리클로로에틸렌 개인 폭로농도가 허용기준을 초과하는 근로자는 70명 중 14.2%인 10명으로 나타났고, 허용기준인 8시간 가중 평균치(노동부, 1991b)로 환산해 본 결과 본 연구에서는 사진 금속액자 제조업은 23.24ppm, 시계 케이스 제조업은 12.0ppm, 도금업은 9.9 ppm, 고무 로울러 제조업은 35.3 ppm으로 나타났다. 전체 기하평균 농도가 16.4 ppm으로 이정희와 백남원(1993)의 연구 발표된 26 ppm 보다 매우 낮았다. 수동 세척방법과 자동세척방법 간 농도는 각각 40.1 ppm 및 7.7 ppm으로 두 방법 사이에 유의한 차이를 보였으며 근로자의 건강 보호를 위해서는 작업의 세척 방법이 중요한 것으로 판단되었다. 김장업 등(1989)의 연구에서 수동 세척자 83.5 ppm, 닦는 작업자 35.3 ppm으로 본 연구에서의 수동 세척작업자는 평균 40.1 ppm, 포장 및 검사하는 작업자는 평균 12.1 ppm 보다 높게 나온 것으로 보아 직접적인 비교는 할 수 없었으나 그동안 작업장의 국소배기시설 등의 환경개선으로 낮아진 것이 아닌가 판단되었다. 본 조사에서 공기 중 트리클로로에틸렌 개인 폭로농도가 허용기준을 초과하는 작업자들은 직접 트리클로로에틸렌을 형겅에 묻혀 세정하거나 직접 팔지조에 세척하는 과정에서 폭로되어진 근로자들이 대부분이었다. 이 사업장들은 국소배기 시설이 설치되어 있는데도 공기 중 농도가 높았던 것은 국소배기의 후드 형태가 그리드형이나 원형으로 되어 있고 적절한 관리가 이루어 지지 않고 있는 상태 때문으로 판단되었다. 현 상태에서는 전체 환기장치를 설치하고, 흡입량과 배기량을 높여 주거나 작업조건에 알맞은 푸쉬풀형, 슬로트형 등으로 적절히 선택하여야 할 것으로 사료된다. 또한 수동세척작업에서 세척자에 비해 포장 및 검사자의

개인 폭로농도가 매우 적게 발생되었던 것은 트리클로로에틸렌이 공기 중으로 빠르게 확산되어 개인 폭로농도가 낮게 나타났던 것으로 판단되었다.

트리클로로에틸렌이 흡입되었을 때 요중 대사물질인 트리클로로에탄올과 삼염화초산의 요중 비율은 두 물질의 생물학적 반감기가 달라 폭로에서 체노할 때까지 시간에 의해 다르게 되며(Bartonicsek, 1962), 요중 총삼염화물의 농도는 트리클로로에틸렌의 폭로지표로 쓰이기는 하지만 특이성이 없고 중독 판정시 폭로를 확인하기 위해서 참고사항으로 이용하며 진단에 이용하는 것을 금하고 있다(ACGIH, 1992). 그러나 우리나라에서는 정기건강진단시 총삼염화물의 측정치를 참고치로 하고 있을 뿐만 아니라 요중 삼염화초산 농도는 업무상재해인정기준(노동부, 1993b)에 75mg/l을 초과하여야 한다고 되어 있다. 그러나 요중 총삼염화물의 농도에 대한 직접적인 언급이 없으므로 참고하려할 때에 문제점으로 지적되고 있다.

본 연구에서 총삼염화물의 기하평균 농도를 업종별로 보면 사진 금속액자 제조업은 51.5mg/l, 시계 케이스 제조업은 25.4 mg/l, 주방용품 제조업은 52.5 mg/l, 도금업은 52.1 mg/l, 고무 로울러 제조업은 37.1 mg/l로 나타났고, 전체 평균이 48.1 mg/l로 대조군의 4.3±1.3 mg/l와는 유의한 차이가 있었다. 본 연구에서 나타난 공기 중 개인 폭로농도와 요중 총삼염화물 농도와는 통계적으로 유의한 상관관계($r=0.8212$)가 있었다. 총삼염화물은 당일 폭로 정도를 반영하는 것이라고 한다(WHO, 1986). 각 업종별 총삼염화물 값을 보면 주방용품 제조업, 도금업, 시계 케이스 제조업, 고무 로울러 제조업 순으로 높게 나타났으며, 주방용품 제조업은 주로 수동 세척작업이 많이 있어서 높게 나온 것으로 판단된다.

Ikeda 등(1972)의 연구에 의하면 공기중 트리클로로에틸렌 농도가 40ppm일 때 요중 총삼염화물이 204.4 mg/l (156.8-266.3 mg/l)이고, 50 ppm 일 때는 257.8 mg/l (154.6-429.8 mg/l)로 보고 되었으나, 본 연구에서는 트리클로로에틸렌 개인 폭로농도가 40.5 ppm(40.3-45.1 ppm)일 때 153.2mg/l (101.4-269.2 mg/l)이었고,

50.9 ppm(50.1-52.6 ppm)일때 191.1 mg/l (153.1-279.8 mg/l)로 나타났다. 본 실험의 결과가 낮은 것은 공기 중 트리클로로에틸렌 농도를 측정함에 있어서, Ikeda 등(1972)은 측정방법을 검지관법을 사용하였고, 본 실험에서는 가스 크로마토그래프법을 사용하고 개인포집을 하였기 때문에 차이를 보인 것으로 판단된다.

요중 삼염화초산의 선별한계(노동부, 1993a) 75mg/l을 기준으로 하였을 때 선별한계를 넘는 근로자는 14.3%인 10명 이었다. 공기 중 트리클로로에틸렌 개인 폭로 농도 평균 84 ppm에서 요중 삼염화초산 농도는 평균 159.5 mg/l로 나타나 Frant와 Westerndrop(1950)가 연구한 트리클로로에틸렌 100 ppm에서 요중 삼염화초산 농도가 약 200 mg/l의 결과와 비슷한 측정량을 보였다. 개인 포집기를 이용한 공기 중 트리클로로에틸렌의 개인 폭로농도와 요중 삼염화초산 농도와의 관계에서 김창엽 등 (1989)은 유의한 상관관계가 없다고 하였으나, 본 연구 결과에서는 상관관계수는 0.7216으로써 매우 유의한 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 이는 Ogata 등(1971)이 공기 중 트리클로로에틸렌의 농도가 요중 총삼염화물 농도와 삼염화초산 농도가 서로 상관관계가 있다는 연구보고와 같은 결과를 보였다. 삼염화초산은 수일간의 축적 효과를 반영하는 것이라 하였다 (WHO, 1986). 본 연구에서 정상인에서의 요중 삼염화초산 농도는 1.8 ± 1.2 mg/l로 Ikeda 등 (1972)의 연구 보고에서 정상인 즉 트리클로로에틸렌에 전혀 폭로되지 않은 사람에게서 0-2.0 mg/l와 비슷한 측정량을 나타내었다.

Ogata 등(1971)의 연구 보고에 의하면 트리클로로에틸렌에 폭로된 후 요중 트리클로로에탄올은 1-3 시간 사이, 요중 삼염화초산은 42-69 시간 사이에 최대로 배설되고 100 시간까지 계속 배설된다고 하였으며, 공기 중 트리클로로에틸렌 개인 폭로농도와 요중 삼염화초산 농도간의 상관관계는 $r=0.7216$ 이고, 요중 총삼염화물 농도간의 상관관계는 $r=0.8212$ 로 공기 중 트리클로로에틸렌 농도가 증가할수록 요중 두 대사물질이 증가하는 것을 알 수 있고, 상관관계도 두 물질이 높았으며, 요중 트리클로로에탄올과 삼염화초산은 서로 다른 반감기(Ogata 등, 1971)를 가지고

있어 정기건강진단시 요중 총삼염화물의 농도가 필요할 것으로 생각된다. 그러므로 우리나라에서도 정기건강진단시 요중 총삼염화물의 선별한계의 참고치가 설정되어야 할 것으로 생각되어, 본 실험의 분석 결과는 공기 중 트리클로로에틸렌 개인 폭로농도 평균 49.6 ppm에서는 요중 총삼염화물은 185.4 mg/l 이었으며, 요중 삼염화초산 농도는 74.7 mg/l로 나타났다. 이 결과를 회귀분석 하였을 때 공기 중 트리클로로에틸렌 개인 폭로농도 50 ppm에서 요중 총삼염화물 농도는 170.4 ± 28.5 mg/l로 나타났으며, 공기 중 트리클로로에틸렌 개인 폭로농도는 2명 중 1명이 허용기준 50 ppm을 초과하였다. 전체적으로 보았을 때 공기 중 트리클로로에틸렌 허용농도 50 ppm를 초과하는 근로자수는 10명 이었고, 요중 삼염화초산의 선별한계 75 mg/l을 초과하는 근로자수는 10명 이었다.

이상의 결과에서 트리클로로에틸렌 취급 사업장의 작업환경에서 트리클로로에틸렌 농도를 좌우하는 여러 인자 중에 자동작업방법은 공기 중 트리클로로에틸렌 농도를 가장 낮게함으로 취급 근로자의 건강보호를 위하여 작업 공정을 자동 세척방법으로 점차적으로 개선해야 할 것으로 나타났다, 국소배기시설도 작업 공정에 알맞은 후드 형태로의 개선과 보다 적극적인 작업환경 관리가 요망된다. 또한 직업병의 조기발견과 근로자의 건강보호와 사후관리를 위하여 요중 총삼염화물 농도의 선별한계 참고치의 설정이 170.4 ± 28.5 mg/l 범위에서 필요하였고, 현행 요중 삼염화초산 농도의 선별한계 75 mg/l는 적절한 것으로 판단되었다.

결 론

서울 근교 지역에 있는 트리클로로에틸렌 취급 사업장의 근로자 70명을 대상으로 세척 및 포장, 검사를 하는 장소에서 트리클로로에틸렌 개인 폭로농도와 요중 총삼염화물 및 요중 삼염화초산 농도와의 관련성과 노동부의 정기건강진단시 요중 삼염화초산의 선별 한계가 타당한지 분석하고, 현재 선별한계가 정하여져 있지 않은 요중 총삼염화물에 대해 어느 수준에서 정하면 타당한지

알아 보았다.

1. 요중 총삼염화물과 요중 삼염화초산 농도는 폭로군이 $48.1 \pm 1.6 \text{ mg/l}$ 와 $197. \pm 1.9 \text{ mg/l}$ 로서 비폭로군의 $4.3 \pm 1.3 \text{ mg/l}$ 와 $1.8 \text{ mg/l} \pm 1.2 \text{ mg/l}$ 보다 매우 유의하게 높았다.

2. 공기 중 트리클로로에틸렌 개인 폭로농도와 요중 총삼염화물 농도의 상관계수는 $r=0.8212$ 이며, 요중 삼염화초산 농도 사이의 상관계수는 $r=0.7216$ 로 유의한 상관관계를 보였다.

3. 수동 세척작업의 트리클로로에틸렌 개인 폭로농도는 $40.1 \pm 2.3 \text{ ppm}$, 자동 세척작업의 트리클로로에틸렌 개인 폭로농도는 $7.7 \pm 1.5 \text{ ppm}$ 으로 세척방법 간에 유의한 차이를 보였다.

4. 공기 중 트리클로로에틸렌 개인 폭로농도가 기하평균 49.6 ppm 일 때 요중 총삼염화물 농도는 185.4 mg/l 이었고, 공기 중 트리클로로에틸렌 개인 폭로농도 50 ppm 일때 요중 총삼염화물 농도는 $170.4 \pm 28.5 \text{ mg/l}$ 로 계산되었다.

5. 공기 중 트리클로로에틸렌 개인 폭로농도가 기하평균 49.6 ppm 일 때 요중 삼염화초산 농도는 74.7 mg/l 이었다.

이상의 결과로 보아 트리클로로에틸렌의 개인 폭로농도와 요중 총삼염화물과 요중 삼염화초산과는 밀접한 상관관계가 있으며, 현재 적용중인 노동부의 정기건강 진단시 요중 삼염화초산의 선별한계 75 mg/l 는 적합하다고 판단되며, 요중 총삼염화물의 선별한계 참고치는 $170.4 \pm 28.5 \text{ mg/l}$ 의 수준에서 설정하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

김창엽, 조정진, 김양호, 박두용, 백남원 : 탈지작업 근로자의 트리클로로에틸렌 폭로에 관한 조사. 한국산업의학 1989; 28 : 127-137

김형아. , 이광목 : 트리클로로에틸렌을 취급하는 근로자의 요중 총삼염화물 농도와 공기중 트리클로로에틸렌의 농도. 한국의 산업의학 1989; 28 : 9-13

노동부 : 근로자 건강진단 실시규정, 노동부 1993a

노동부 : 산업안전보건법, 노동부 1991b

노동부 : 유해물질의 허용농도, 노동부 고시 제 91-21호, 노동부 1991a

노동부 : 업무상재해인정기준, 노동부 예규 234호, 노동

부 1993b

백남원, 맹광호, 최영태 : 모 콘덴서제조 공장 세척실에서의 Trichloroethylene. 한국의 산업의학 1970; 9 : 4-8

이경희, 백남원 : 중소기업 도금공정에서의 트리클로로에틸렌 폭로와 발산량에 관한 연구. 한국산업위생학회지 1993; 3-13

ACGIH: *Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices* for 1991-1992, Cincinnati, Ohio, ACGIH, 1991

ACGIH: *Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices* for 1992-1993, Cincinnati, ACGIH, 1992

Bartonicek V: Metabolism and excretion of trichloroethylene after inhalation by human subjects. *Br J Ind Med* 1962; 19:134-141

Byngton KH, Leibman KC: Metabolism of trichloroethylene in liver microsomes. II. Identification of thereaction products as chloral hydrate. *Molecular Pharmacology* 1965; 1:247-254

Daniel JW: The metabolism of Cl-labelled trichloroethylene and tetrachloroethylene in the rat. *Biochemical Pharmacology* 1963; 12:795-802

Davidson IW, Beliles RP: Consideration of the target organ toxicity of trichloroethylene interms of metabolite toxicity and pharmacokinetics. *Drug Metab Rev* 1991;23(5-6):493-599

Elkins HB: Excretory and biologic threshold limits. *Am. Ind. Hyg Asso J* 1967; 28:305-308

Frant R, Westerdrop J: Medical control on exposure of industrial workers to trichloroethylene. *Arch Industr Hyg Occup Med* 1950;1 308-318

IKeda M, Ohtsuji H, Imamura T, Komoike Y: Urinary excretion of total trichloro-compounds, trichloroethanol and trichloroacetic acid as a measure of exposure to trichloroethylene and tetrachloroethylene. *Br J Ind Med* 1972; 328-333

Monster AC, Boersma G, Duba WC: Kinetics of trichloroethylene in repeated exposure of volunteers. *Int Arch Occup Environ Health* 1979; 42:283-292.

NIOSH; *NIOSH Manual of Analytical Methods*, 3rd Ed., DHHS (NIOSH) Publication No 84-100, Cincinnati, NIOSH 1984

Ogata. M, Takatsuka Y, Tomlkuni K: Excretion of organine chlorine compounds in the urine of persons exposed to vapours of trichloroethylene and tetrachloroethylene. *Brit J Ind Med* 1971; 28:386-391

Roach SA: A more rational basis for air sampling programs. *Am Ind Hyg Asso J* 1966:27:1-12

Smith GF: Trichloroethylene: a review. *Br J Ind Med*

- 1966; 23:249-262
- Soucek B, Vlachova D: Excretion of trichloroethylene metabolites in human urine. *Br J Ind Med* 1960; 17:60-64
- Tanaka S, Ikeda M: A method for determination of trichloroethanol and trichloroacetic acid in urine. *Brit J Ind Med* 1968; 25:214-219
- Williams RT: *Indetoxication mechanisms*, p 29-30, New York, *John, Wiley & Sons* 1959
- WHO: Chronic effects of organic solvent on central nervous system and diagnostic criteria. *Environmental Health*(5), Copenhagen. 1985
- WHO: *Early Detection of Occupational Diseases*, p.110, Geneva, WHO. 1986