

유기용제의 생물학적 폭로기준 설정에 관한 연구

근로복지공사 직업병연구소

장재연 · 전향숙 · 정호근

—Abstract—

Biological Exposure Indices of Organic Solvents for Korean Workers

Jae Yeon Jang, Hyang Sook Chun, Ho Keun Chung

Institute of Occupational Diseases, Korea Labour Welfare Corporation

Biological exposure indices (BEI) of toluene, perchloroethylene (PCE) and methyl ethyl ketone (MEK) for Korean workers were studied respectively. Environmental exposures in workplace to organic solvent were measured by personal sampling. Blood toluene, blood perchloroethylene, urinary trichloroacetic acid and urinary MEK were determined by headspace gas chromatography. Urinary hippuric acid were determined by HPLC and corrected by creatinine. BEIs for Korean workers were calculated as the levels of determinants which are correspond to permissible exposure limits in Korea.

Blood toluene level of 2.2mg/l and urinary hippuric acid level of 1.7g/g creatinine are correspond to an exposure of 100 ppm toluene.

Blood PCE concentration of 1.6mg/l and urinary trichloroacetic acid concentration of 2.9mg/l are correspond to an exposure of 50ppm PCE. Urinary MEK concentration of 1.0mg/l is correspond to an exposure of 200ppm of MEK. BEIs for Korean workers determined in this study are very different to ACGIH's BEI as urinary determinants are much lower and blood determinants are much higher than ACGIH's BEI.

Key words : Biological exposure index, Toluene, Perchloroethylene, MEK

I. 서 론

작업장에서의 화학물질에 대한 폭로량 평가는 화학물질의 기중 농도를 측정하거나 생물학적 모니터링에 의해 이루어질 수 있다. 생물학적 모니터링은 일정한 시간에 근로자로부터 혈액이나 소변 등을 채취하여 독성물질 또는 그 대사물질을

분석하거나 특징적인 생화학적 변화를 검사함으로써 근로자가 작업장에 있는 화학물질에 폭로되는 양을 평가하고자 하는 것을 말하며 이때의 판정기준을 생물학적 폭로기준이라고 한다 (ACGIH, 1986).

생물학적 모니터링은 그 연구의 역사가 짧아 적용이 가능한 화학물질의 예가 아직은 제한적이지만 다음과 같은 장점을 갖고 있는 것으로 알려

져 있다. 첫째는 흡입이외에 피부나 위장관을 통한 흡수까지 총량적으로 나타낼 수 있다. 두번째는 보호구를 착용한 근로자의 경우와 같이 기중농도의 측정에 의한 폭로량 평가가 제한점이 있는 경우에도 폭로량 평가를 가능케 한다. 세번째는 장기간에 걸쳐 체내에 축적되는 물질의 경우에는 일시적인 조사로 쉽게 과거 장기간에 걸친 폭로량을 평가할 수 있다. 네번째는 기중 농도 측정과 같이 시료채취 기구의 제한을 받지 않기 때문에 다수의 집단에 대한 검사에 편리성과 유용성이 있다.

따라서 생물학적 모니터링은 화학물질에의 폭로평가에 있어서 기중농도의 측정과 상호보완적인 역할을 할 수 있기 때문에 American Conference of Governmental Industrial Hygienists(이하 ACGIH)에서도 TLV와 함께 생물학적 폭로기준을 선정하여 제시하고 있다. 1990년 현재 19종의 화학물질에 대한 42가지 항목이 선정되어 있으며 그밖에 7종 화학물질의 10가지 항목이 채택후보에 올라 있다(ACGIH, 1989).

현재 ACGIH에 의해 생물학적 폭로기준이 설정되어 있는 19종 화학물질중에서 유기용제로 분류할 수 있는 물질은 12종에 이르고 있다. 1970년대 이후 산업보건관련 논문에서 유기용제에 관한 연구논문의 비중이 급격히 증가하였는데 이는 유기용제의 생물학적 모니터링에 관한 연구가 다수 보고된 것에 기인하는 것으로 알려져 있다(Ange-
rer, 1985). 이와 같이 유기용제는 생물학적 모니터링에 대한 연구가 가장 활발한 화학물질이라고 할 수 있다.

현재 우리나라에서는 생물학적 모니터링에 해당하는 검사항목들이 특수건강검진의 일부 항목에 들어가 있으나 엄밀한 의미의 생물학적 모니터링이라고 할 수 없는 실정이다. 이것은 생물학적 모니터링의 중요한 변수인 시료채취시기에 대한 규정이 설정되어 있지 않기 때문에 시료채취시기의 제한이 없는 중금속에 대해서는 생물학적 모니터링의 의미가 부여될 수 있으나 시료채취시기에 민감한 영향을 받는 유기용제의 경우에는 생물학적 모니터링의 의미가 전혀 없는 상태이기 때문이다. 따라서 앞으로 생물학적 모니터링이 원래의 취지대로 근로자들의 유해물질에 대한 폭

로평가의 수단이 되기 위해서는 올바른 실시 규정이 정해져야 한다. 또한 무엇보다도 가장 중요한 것은 판정의 근거가 되는 생물학적 폭로기준을 올바르게 설정하는 것이라고 할 수 있다. 작업환경기준의 경우 대부분의 나라와 마찬가지로 우리나라도 ACGIH의 TLV를 거의 그대로 이용하고 있는데 생물학적 폭로기준도 이와 같이 외국의 기준을 그대로 사용하는 것이 문제가 없는지에 대한 검토가 필요할 것으로 생각된다.

본 연구에서는 우리나라 근로자를 대상으로 몇 가지 유기용제에 대한 생물학적 폭로기준을 산출해 보고 이 값을 외국에서 설정되어 있는 기준과 비교해 보았다. 대상 유기용제로는 방향족 탄화수소류에서 톨루엔, 염화탄화수소류에서 퍼클로로에틸렌, 케톤류에서 메틸 에틸 케톤을 선정하고 연구대상 생물학적 폭로 지표로는 ACGIH에서 제시하고 있는대로 톨루엔은 혈중 톨루엔과 뇨중 마노산, 퍼클로로에틸렌은 혈중 퍼클로로에틸렌과 뇨중 삼염화초산, 메틸 에틸 케톤은 뇨중 메틸 에틸 케톤을 선정하였다.

II. 연구 방법

1. 기기 및 시약

가스크로마토그래피는 Hewlett Packard GC 5890 series II를 사용하였으며 headspace sampler는 HP 19395A를 사용하였다. 고속액체크로마토그래피는 Waters사 제품을 사용하였고 개인시료채취기는 MSA사 제품을 사용하였다.

삼염화초산은 Junsei사, 마노산은 Sigma사 표준품을 사용하였으며 톨루엔, 퍼클로로에틸렌, 메틸 에틸 케톤 등의 표준품은 Supelco사의 표준시약을 사용하였다. 기타 시약은 크로마토그래피용 시약 및 시판특급품을 사용하였다.

2. 조사대상자

메틸 에틸 케톤의 조사대상자는 인조피혁을 생산하는 공장에서 메틸 에틸 케톤을 다른 원료와 배합하거나, 함유되어 있는 재료를 다루는 작업을 하는 근로자들을 대상으로 하였다. 퍼클로로에틸렌은 자동차 엔진의 분사기를 생산하는 금속

기계공장에서 세척제로 퍼클로로에틸렌을 사용하는 부서 및 인접 부서에서 작업하는 근로자를 대상으로 하였다.

톨루엔은 전자부품공장과 프린팅 작업을 하는 공장에서 톨루엔이 함유된 재료를 사용하거나 톨루엔을 용제로 배합하는 공정 등에서 작업하는 근로자들을 대상으로 하였다. 톨루엔의 생물학적 폭로지표중의 하나인 뇨중 마노산의 경우에는 비폭로자에게서도 배설되는 것을 고려하여 톨루엔에 폭로되지 않는 근로자를 일부 포함시켜 조사하였다.

3. 작업장 공기중의 유기용제의 농도

조사대상자에게 개인시료채취기를 부착시켜 작업시간동안 일정 시간마다 흡착튜브를 교환하면서 유기용제를 포집하였다. 톨루엔과 퍼클로로에틸렌포집용 흡착제는 활성탄을 사용하였으며 메틸 에틸 케톤 포집용 흡착제는 Carboxen™-584 carbon molecular sieve(Supelco ORBO-90)를 사용하였고 시료채취 유량은 0.2L/min으로 하였다. 흡착 튜브는 실험실로 옮겨 흡착제를 바이알로 옮기고 NIOSH 방법에 의해 CS₂ 1ml를 가하고 마개를 막은 다음 시료진탕기로 30분간 용출시켜 시험액으로 하였다. 시험액중의 톨루엔, 메틸 에틸 케톤, 퍼클로로에틸렌은 가스크로마토그래피를 이용하여 분석하였다. 검출기는 flame ionization detector를 사용하였고 컬럼은 HP-101 (Methyl Silicone Fluid, 25m×0.32mm×0.3μm)을 사용하였다. 검출기 온도와 주입부 온도는 200℃로 하고 컬럼 온도는 50℃에서 10분간 유지하고 5℃씩 승온하는 조건을 사용하였다.

4. 생물학적 폭로지표의 분석방법

1) 시료의 채취시간

ACGIH에서 권고하고 있는대로 퍼클로로에틸렌을 분석하기 위한 혈액은 금요일 작업이 시작되기 직전에 채취하였으며 삼염화초산 분석을 위한 뇨는 금요일 작업이 끝날 무렵에 채취하였다. 그밖의 뇨중 마노산, 혈중 톨루엔, 뇨중 메틸 에틸 케톤의 분석을 위한 혈액이나 뇨의 채취는 조사당일 작업이 끝날 무렵에 채취하였다.

2) 시료의 채취방법과 분석

(1) 뇨중 마노산의 분석

뇨를 폴리에틸렌병에 채취하여 실험실로 옮긴 직후 크레아티닌을 측정하고 뇨중 마노산은 NIOSH방법에 의하여 전처리하여 고속액체크로마토그래피로 측정하였다. 컬럼은 μBondapak™ C18을 사용하였으며 이동상은 아세트니트릴, 물, 초산의 혼합용매(10:90:0.1, v/v)를 사용하였으며 유량은 분당 1.5ml로 하였다. 검출기는 UV 검출기로 254nm에서 측정하였다.

(2) 혈중 톨루엔의 분석

혈액을 헤파린 처리된 유리 바이알에 채취하여 바로 테프론이 코팅된 뚜껑과 알루미늄 캡으로 마개를 하였다. 혈중 톨루엔의 분석은 NIOSH 방법에 따라 혈액 0.25ml를 acidium citricum dextrose 용액 0.5ml에 희석시키고 내부표준물질로 isobutyl alcohol을 가한 다음 headspace 법에 의해 가스크로마토그래피로 측정하였다. 컬럼은 10% Carbowax-20M (6 ft length)을 사용하였으며 검출기는 flame ionization detector를 사용하였다. 컬럼 온도는 70℃, 검출기 온도와 주입부 온도는 200℃로 하였고 질소가스의 유량은 8ml/min으로 하였다.

(3) 뇨중 MEK

조사 대상 근로자들로 부터 채취한 뇨를 현장에서 즉시 2ml씩 바이알에 취하고 테프론이 코팅된 뚜껑과 알루미늄 캡으로 마개를 하였다. 바이알을 55℃에서 20분간 가온한 후 headspace 법으로 가스크로마토그래피를 이용하여 측정하였다. 기기의 분석조건은 혈중 톨루엔의 분석시와 동일한 조건을 사용하였다.

(4) 혈중 perchloroethylene

혈액을 헤파린으로 처리된 바이알에 채취하고 테프론이 코팅된 뚜껑과 알루미늄 캡으로 마개를 하였다. 바이알은 60℃에서 20분간 가온한 후 headspace법으로 가스크로마토그래피를 이용하여 측정하였다. 분석컬럼은 HP-101 (Methyl Silicon Fluid, 25m×0.32mm×0.3μm)을 사용하였으며 검출기는 electron captured detector를 사용하였다. 컬럼온도조건은 100℃항온으로 하였다. 검출기와 시료주입부 온도는 200℃로 하였다.

(5) 뇨중 trichloroacetic acid

뇨를 테프론이 코팅되어 있는 마개가 달린 유리병에 채취하였다.

Breimer 등의 방법에 따라 바이알에 뇨 2ml를 취하고 황산 1ml와 메틸화반응시약으로 dimethyl sulfate 0.1ml를 가한 다음 테프론이 코팅된 뚜껑과 알루미늄 캡으로 바로 마개를 하였다.

각각의 바이알을 60°C에서 3시간 반응시킨 후 headspace법에 의하여 가스크로마토그래피로 측정하였다. 분석컬럼은 HP-101(Methyl Silicon Fluid, 25m×0.32mm×0.3 μm)을 사용하였으며 검출기는 electron captured detector를 사용하였다. 컬럼온도조건은 80°C 항온으로 하였다. 검출기와 시료주입부 온도는 200°C로 하였다.

5. 생물학적 폭로기준치 산출

작업장에서 측정한 기중 유기용제의 농도에 의해 시간가중평균치로 구해진 폭로량과 생물학적 폭로지표 농도간의 회귀방정식을 구하였다. 이 방정식으로부터 유기용제의 TLV 값에 해당하는 생물학적 폭로지표의 값을 생물학적 폭로기준치로 하였다.

III. 결 과

표 1은 톨루엔 조사대상자들의 개인별 폭로농도 및 생물학적 폭로지표의 통계치를 나타낸 것이다. 조사대상자의 톨루엔에의 평균폭로농도는 38.8ppm이었다. 개인별 최고 폭로농도는 126ppm으로서 TLV인 100ppm을 초과하고 있었다. 혈중 톨루엔은 불검출부터 최고 3.5mg/L의 값을 나타내었으며 평균값은 0.94mg/L이었다. 뇨중 마노산은 최저 0.1g/g creatinine에서 최고 2.4g/g creatinine의 값을 보였고 평균값은 0.92g/g creatinine의 값을 보였다. 혈중 톨루엔은 ACGIH의 기준치 1mg/L를 넘는 근로자들이 있었으나 뇨중 마노산의 경우에는 모두 ACGIH의 기준치 2.5g/g creatinine보다 낮은 값을 나타내었다.

표 2는 퍼클로로에틸렌의 조사대상자 개인별 폭로농도 및 생물학적 폭로지표의 통계치를 나타낸 것이다. 조사대상자의 평균 폭로농도는 22.4ppm이었으며 개인별로 가장 높은 농도에 폭로되고 있는 근로자의 폭로농도는 61ppm으로서 TLV인 50ppm을 초과하고 있었다. 혈중 퍼클로로에틸렌은 0.2ppm에서 최고 2.5mg/L의 값을 나타내었으며 평균값은 0.85mg/L이었다. 뇨중 삼염화초산은 최저 0.6mg/L에서 최고 3.5mg/L

Table 1. Results of various parameters measured for workers exposed to Toluene

Parameter	No. of samples	Mean	SD	Range	ACGIH's TLV or BEI
Environmental Toluene (ppm)	23	38.8	45.5	0 - 126	100
Blood Toluene (mg/L)	23	0.94	1.01	0 - 3.5	1
Hippuric acid (g/g creatinine)	23	0.92	0.66	0.1 - 2.4	2.5

Table 2. Results of various parameters measured for workers exposed to Perchloroethylene

Parameter	No. of samples	Mean	SD	Range	ACGIH's TLV or BEI
Environmental PCE (ppm)	13	22.4	23.1	0 - 61	50
Blood PCE (mg/L)	13	0.85	0.72	0.2 - 2.5	1
Trichloroacetic acid (mg/L)	13	1.75	1.07	0.6 - 3.5	7

Table 3. Results of various parameters measured for workers exposed to Methyl ethyl ketone

Parameter	No. of samples	Mean	SD	Range	ACGIH's TLV or BEI
Environmental MEK (ppm)	14	137.2	112.2	34 - 356	200
Urinary MEK (mg/L)	14	0.83	0.44	0.1 - 1.3	2

의 값을 보였고 평균값은 1.75mg/L의 값을 보였다. 퍼클로로에틸렌의 경우에도 혈중 퍼클로로에틸렌은 ACGIH의 기준치 1mg/L를 초과하는 근로자들이 있었으나 뇨중 삼염화초산은 모두 ACGIH의 기준치 7mg/L보다 낮은 값을 보였다.

표 3은 메틸 에틸 케톤의 조사대상자 개인별 폭로농도 및 생물학적 폭로지표의 통계치를 나타낸 것이다. 조사대상자의 평균 폭로농도는 137ppm이었으며 개인별 최고 폭로농도는 356ppm으로 TLV인 200ppm을 초과하였다. 뇨중 메틸 에틸 케톤은 최저 0.1mg/L에서 최고 1.3mg/L의 값을 보였고 평균값은 0.83mg/L의 값을 보였다. ACGIH의 기준치인 2mg/L를 초과하는 근로자는 없는 것으로 나타났다.

그림 1부터 5까지는 각 유기용제에 대한 폭로

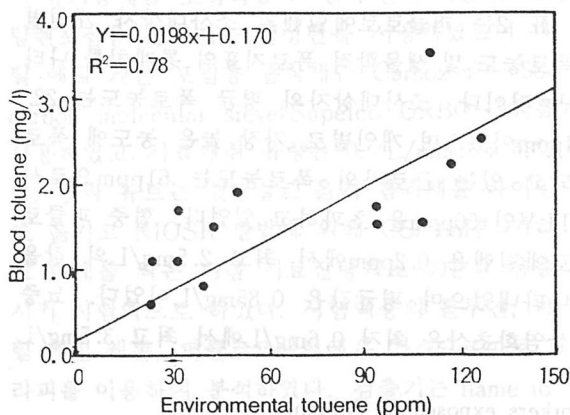


Fig. 1. The correlation between environmental toluene and blood toluene.

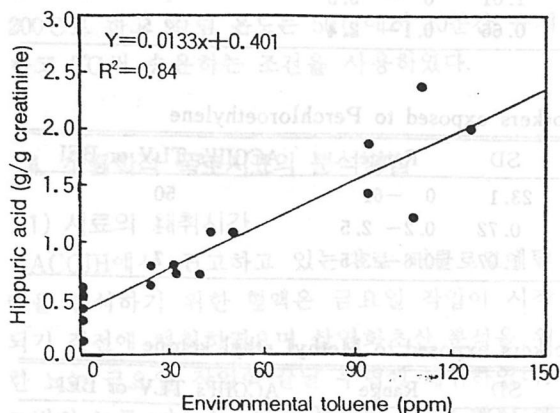


Fig. 2. The correlation between environmental toluene and hippuric acid in urine.

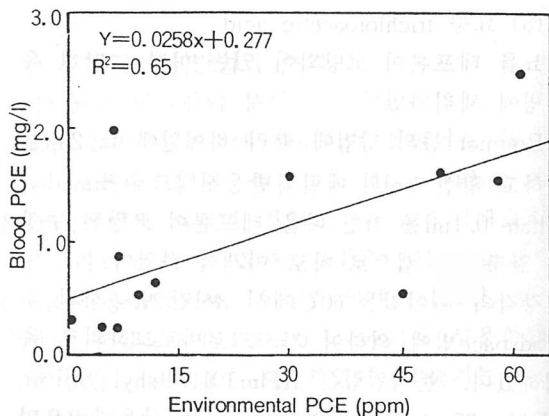


Fig. 3. The correlation between environmental PCE and blood PCE.

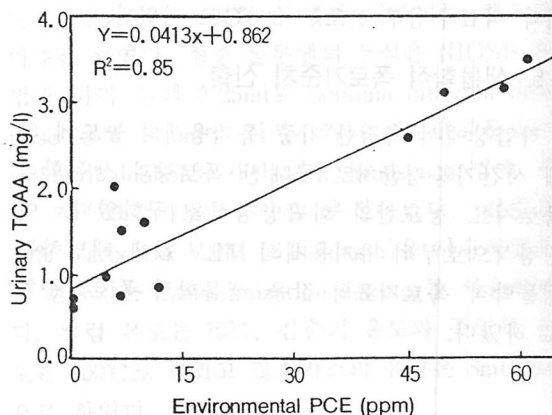


Fig. 4. The correlation between environmental PCE and urinary TCAA.

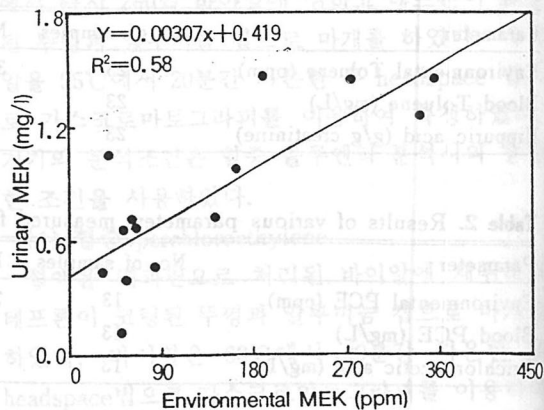


Fig. 5. The correlation between environmental MEK and urinary MEK.

Table 4. Biological exposure indices of some organic solvents for Korean workers calculated in this study

Solvent	PEL ¹⁾ (ppm)	Biological exposure determinant	Regression equation ²⁾			BEI	ACGIH's BEI
			α	β	R ²		
Toluene	100	Hippuric acid (g/g creatinine)	0.0133	0.401	0.84	1.7	2.5
		Blood Toluene (mg/L)	0.0198	0.170	0.78	2.2	1
Perchloroethylene	50	Urinary Trichloroacetic acid (mg/L)	0.0413	0.852	0.85	2.9	7
		Blood PCE(mg/L)	0.0258	0.277	0.65	1.6	1
MEK	20	Urinary MEK (mg/L)	0.00307	0.419	0.58	1.0	2

1) PEL : permissible exposure limit in Korea

2) Regression equation between biological exposure determinant concentration (Y) and environmental concentration of organic solvent (X). α is a slope and β is a constant.

All regression equations are statistically significant ($p < 0.005$).

량과 생물학적 폭로지표간의 상관관계를 나타낸 것이다. 톨루엔에 대한 폭로농도는 혈중 톨루엔 농도와는 0.891의 상관계수값을 나타내었으며 뇨 중 마노산과는 0.921의 값을 나타내었다. 퍼클로로에틸렌에 대한 폭로농도는 혈중 퍼클로로에틸렌과는 0.825의 상관계수값을 보였으며 뇨 중 삼염화초산과는 0.927의 상관계수값을 보였다. 메틸 에틸 케톤에의 폭로농도는 뇨 중 메틸 에틸 케톤과 0.781의 상관계수값을 보였다.

표 4는 각 유기용제와 그에 해당하는 생물학적 폭로지표의 농도간의 회귀방정식과 이로부터 얻어진 우리나라 근로자에게 적합할 것으로 생각되는 생물학적 폭로기준을 정리한 것이다. 생물학적 모니터링을 위한 생물학적 폭로기준은 근로자들이 작업장에서의 화학물질에 대한 폭로농도가 작업환경 기준에 해당할 때의 값으로 설정하고 있다. 예를 들어 ACGIH에서 제시하고 있는 생물학적 폭로지표의 기준치는 TLV에 해당하는 농도에 폭로된 경우의 값으로 되어 있다. 따라서 현재 우리나라에 맞는 생물학적 폭로기준은 우리나라의 유해물질의 허용농도(노동부고시 제88-69호)에 해당하는 농도에 폭로될 때의 생물학적 폭로지표의 값이라고 할 수 있다.

뇨 중 마노산은 1.7g/g creatinine으로 ACGIH에서 권고하고 있는 2.5g/g creatinine보다 낮은 값을 보였으며 반면에 혈중 톨루엔은 2.2mg/L로서 ACGIH의 1mg/L에 비해 2배이상 높은 값을 보였다. 뇨 중 삼염화초산은 2.9mg/L로서 ACGI-

H의 7mg/L보다 훨씬 낮은 값을 보였고 혈중 퍼클로로에틸렌은 1.6mg/L로서 ACGIH의 1mg/L보다 높은 값을 보였다. 뇨 중 메틸 에틸 케톤은 1.0mg/L로서 ACGIH의 2.0mg/L보다 훨씬 낮은 값을 보였다.

IV. 고 찰

생물학적 폭로지표로 이용되기 위해서 가장 첫 번째로 만족해야 할 조건은 폭로량과 정량적인 관계를 나타내야 한다. 본 연구조사의 결과 조사 대상이었던 생물학적 폭로지표들은 각각에 해당하는 유기용제에의 폭로량과 높은 상관관계를 보이고 있기 때문에 우리나라의 근로자에 대해서도 생물학적 모니터링에 이용할 수 있을 것으로 평가된다.

뇨 중 메틸 에틸 케톤의 경우는 다른 지표들에 비하여 상관계수의 값이 다소 낮았지만 이것은 메틸 에틸 케톤은 톨루엔이나 퍼클로로에틸렌과 달리 피부에 의한 흡수가 매우 높은 물질이기 때문에 생물학적 폭로지표와 기중농도와의 상관관계가 낮을 가능성이 높기 때문인 것으로 생각된다. 또한 본 연구에서 얻어진 상관계수의 값은 Miyasaka 등의 연구에서 얻어진 0.774와도 거의 비슷한 결과로서 뇨 중 메틸 에틸 케톤을 메틸 에틸 케톤의 생물학적 폭로지표로 사용하는데는 아무런 무리가 없을 것으로 생각된다.

그러나 본 연구에서 얻어진 우리나라 근로자에

게 적합할 것으로 생각되는 기준치가 ACGIH에서 제시하고 있는 값과 큰 차이를 보이는 것으로 나타났다. 퍼클로로에틸렌과 메틸 에틸 케톤 등의 생물학적 폭로기준 및 혈중 톨루엔에 관한 국내의 연구논문은 찾을 수 없으나 뇨중 마뇨산에 대해서 보고한 연구조사들은 본 연구의 결과와 비슷한 결과를 보이고 있다. 이 등은 기중 톨루엔 농도가 TLV를 초과하는 많은 근로자의 뇨중 마뇨산이 ACGIH의 생물학적 폭로기준에 미달하고 있다고 보고하였다(이세훈 등, 1988). 이 보고에서 우리나라 근로자에게 적절한 생물학적 폭로기준에 대한 논의는 하지 않았지만, 제시하고 있는 기중 톨루엔 농도와 뇨중 마뇨산의 상관관계 식으로부터 뇨중 마뇨산의 기준치를 산출해 보면 1.2g/g creatinine으로 본 연구의 결과치인 1.7g/g creatinine보다도 훨씬 낮은 값을 보이고 있다. 또한 Inoue 등은 우리나라의 여성 근로자를 대상으로 조사한 결과 톨루엔 100ppm에 해당하는 뇨중 마뇨산의 농도가 1.9g/g creatinine이라고 보고하고 있어 본 연구나 이 등의 연구결과에 비해서는 다소 높지만 ACGIH의 2.5g/g creatinine에 비해서는 낮은 값을 보였다.

독성물질의 대사과정은 인종마다 차이가 있고(Kulkarni, 1980) 또한 같은 농도의 독성물질에 폭로되었을 경우에도 그 유해성은 다를 가능성이 있다. 따라서 경제적 능력이나 기술적인 수준의 차이를 논외로 하더라도 순수한 보건학적인 측면에서도 작업환경기준이나 생물학적 폭로기준 등은 자국에 맞게 설정해야 할 필요성이 있다. 잘못된 기준치가 설정되어 있는 경우에는 보건관리 대상이 되어야 할 근로자나 작업장을 문제가 없는 근로자나 작업장으로 분류하거나, 보건학적으로 문제가 없는 근로자나 작업장을 관리대상으로 분류하는 등의 문제가 발생할 수 있기 때문이다. 작업환경기준의 경우에는 장기간의 연구결과를 토대로 이루어지기 때문에 많은 나라에서는 TLV 등과 같이 선진국에서 사용되고 있는 기준들을 우선 사용하면서 점차적으로 자국에 맞는 기준들을 만들어 나가고 있다. 우리나라의 경우에도 이 분야에 대한 연구결과가 없기 때문에 거의 모든 물질에 대한 작업환경기준을 ACGIH에서 권고하

고 있는 TLV를 이용하고 있는 실정이다(노동부, 1988).

그러나 생물학적 폭로기준의 설정은 그 대상물질의 수가 훨씬 적고 설정의 근거 마련도 상대적으로 쉽다. 또한 생물학적 폭로지표는 대부분 대사과정중의 물질이고 대사과정은 인종에 따라 차이를 보일 가능성이 매우 크기 때문에 다른 보건학적인 기준에 비해서 우리나라 사람에게 맞는 기준의 설정이 더욱 필요할 것으로 생각된다. 본 연구의 결과는 제한적인 대상자를 상대로 검토한 결과이기 때문에 우리나라 근로자에게 적절한 기준치에 관해서는 좀 더 세밀한 연구가 필요하겠지만 우리나라에서 앞으로 생물학적 모니터링을 실시하기 위하여 폭로기준치를 설정함에 있어 충분한 검토의 필요성을 보여주고 있다고 생각된다.

본 조사의 결과를 보면 뇨중 마뇨산, 뇨중 삼염화초산, 뇨중 메틸 에틸 케톤 등 뇨중의 생물학적 지표들은 모두 ACGIH 기준치보다는 낮은 값을 보였다. 이것은 우리나라 사람들이 외국인에 비해 일정기간 동안 같은 양의 유기용제가 체내로 흡수되어도 일정 시간이 지난 시점에 뇨로 배설되는 대사물질의 양은 적다는 것을 의미한다. 이 등은 우리나라 근로자들이 TLV이상의 농도의 톨루엔에 폭로되어도 뇨중 마뇨산 배설량이 낮은 이유를 정상인에 있어서 뇨중 마뇨산 농도가 낮기 때문인 것으로 설명하였다(이세훈 등, 1988). 그러나 본 연구대상이었던 뇨중 삼염화초산이나 뇨중 메틸 에틸 케톤 등은 정상인에게서는 배설되지 않는 물질이기 때문에 우리나라 근로자들이 같은 농도의 퍼클로로에틸렌이나 메틸 에틸 케톤에 폭로되어도 대사물질의 배설량이 적은 이유는 다른 면에서 찾아야 할 것으로 생각된다.

이와 같은 현상이 일어나게 되는 이유로는 첫째로 우리나라 사람이 대사능력이 낮을 가능성과 또 한가지는 조사 대상이었던 생물학적 지표 물질이외의 다른 물질로 대사되거나 배설되는 비율이 상대적으로 많을 가능성, 즉 대사경로의 차이를 생각할 수 있다. 이번 연구조사에서 혈중 톨루엔이나 혈중 퍼클로로에틸렌과 같은 혈액중

의 생물학적 지표들은 오히려 ACGIH의 기준치보다 높은 경향을 보였고 이것은 체내로 흡수된 유기용제가 배설되는 농도는 낮지만 체내에는 높은 농도로 유지되고 있다는 것을 의미한다. 따라서 이와 같은 결과만을 놓고 생각할 때는 우리나라 사람들이 외국인과 유기용제의 대사과정상에 차이가 있을 가능성 보다는 대사능력이 낮을 가능성이 더 높다고 보여진다. 이와 같이 만일 우리나라 사람들이 외국인에 비해 유기용제의 대사능력이 낮다면 같은 양의 유기용제에 폭로되더라도 대사중간 물질들이 체내에 머무는 시간이 길어지며 이에 따라서 인체에 미치는 독성도 외국인에 비해 높을 가능성이 많을 것으로 생각된다.

앞으로 이에 대한 명확한 규명을 위해서는 유기용제의 체내 대사과정 및 동력학적인 측면의 연구가 필요할 것으로 생각된다. 본 연구의 결과를 고려할 때 유기용제류를 포함한 화학물질의 생물학적 모니터링의 판정기준이 되는 생물학적 폭로기준의 설정은 외국의 기준을 그대로 적용하는 것은 문제가 있으며 반드시 우리나라 근로자에게 적합한 기준을 검토하여 설정하여야 할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

노동부 : 유해물질의 허용농도(노동부고시 제88-69

호), 1988

이세훈, 김형아, 이병국, 이광목 : 톨루엔 폭로근로자의 요중 마노산 및 o-Cresol 배설농도와 자각증상. 한국의 산업의학 1988; 27(2) : 4

ACGIH : Documentation of threshold limit values and biological exposure indices, Cincinnati, 1986, BEI-1-BEI-2

ACGIH : Threshold limit values and biological exposure indices for 1989-1990, Cincinnati, 1989, 62-69

Angerer J : Biological monitoring of workers exposed to organic solvents-past and present. Scand J Work Environ Health 1985; 11 : 45

Breimer DD, Ketelaars CH, Van Rossum MJ : Gas chromatographic determination of chloral hydrate, trichloroethanol and trichloroacetic acid in blood and in urine employing headspace analysis. J of Chromatography 1974; 88 : 55

Campbell L, Marsh MD, Wilson KH : Towards a biological monitoring strategy for toluene. Ann Occup Hyg 1987; 31 (2) : 121

Kulkarni A, Hodgson E, Guthrie EF : Introduction to biochemical toxicology, New York, Elsevier Science Publishing Co., 1980, 128-132

Inoue O, Seiji K, Nakatsuka H, Kasahara M, Watanabe T, Lee BK, Lee SH, Lee KM, Cho KS, Ikeda M : Relationship between exposure to toluene and excretion of urinary metabolites in Korean female solvent workers. Industrial Health 1988; 26 : 147

Miyasaka M, Kumai M, Koizumi A, Watanabe A, Kurasako K, Sato K, Ikeda M : Biological monitoring of occupational exposure to methyl ethyl ketone by means of urinalysis for methyl ethyl ketone itself. Int Arch Occup Environ Health 1982; 50 : 131