

위험평가(Risk Assessment)에 의한 업종별 위험(Risk)의 구분

박동욱¹⁾ · 박덕목¹⁾ · 정광수²⁾ · 윤충식³⁾ · 김태형⁴⁾ · 노영만²⁾ · 이경남⁵⁾ · 이송권⁶⁾ · 김현욱²⁾†

한국방송통신대학교 자연과학부 환경보건학과¹⁾, 가톨릭대학교 산업보건대학원²⁾, 대구 가톨릭대학교 산업보건학과³⁾,
창원대학교 공과대학 환경공학과⁴⁾, 대한산업보건협회⁵⁾, 대구 한의대학교 보건학부⁶⁾

Classification of Risk by Industry through Risk Assessment

Dong-Uk Park¹⁾ · Duk-Mook Park¹⁾ · Kwang-Su Jung²⁾ · Chung-Shik Yoon³⁾ · Tae-Hyung Kim⁴⁾
Young-Man Roh²⁾ · Kyung-Nam Lee⁵⁾ · Songk-Won Lee⁶⁾ · Hyunwook Kim²⁾†

Department of Environmental Health, Korea National Open University¹⁾, Department of Preventive Medicine,
The Catholic University of Korea²⁾, Department of Industrial Health, Daegu Catholic University³⁾,
Department of Environmental Engineering, Changwon University⁴⁾, Korean Industrial Health Association⁵⁾
Faculty of Health Science, Daegu Hammy University⁶⁾

A total of 514 workplaces in 17 industries were investigated through walk-through survey. These industries were all small companies with less than five workers and didn't have work environmental measurement data. These industries were ranked by risk that was evaluated by combination of toxicity and possibility of exposure to chemical hazardous agents produced at operations of industry. Risk Index(RI) was qualitatively combined by the combination between hazard and potential of exposure to chemical hazardous agents.

Industries that were regarded as having the highest risk were wood and products of wood, chemicals and chemical products, basic metals, other machinery and equipment, motor vehicles, trailers and semi-trailers, and furniture manufacturing. These industries were found to have operations with higher risk than other industries. This study found that more attentions should be paid to these industries with high risk.

Key Words : Risk Index(RI), Small Company, Hazard, Risk.

I. 서 론

유해인자나 화학물질의 독성(toxicity)은 바람직하지 않은 영향의 범위, 정도, 특성 등을 언급한 것이다. 위해성(hazard)은 독성있는 물질이 산업장에서 사용될 때 나타날 수 있는 질병, 상해 등을 보호

하기 위한 관리대책이 없는 상태를 말한다. 즉 화학물질이 사용될 때 그 고유한 독성이 적절하게 관리되지 못하여 노출가능한 상태로 존재한다는 의미이다. 위험(risk)은 이러한 위해성이 근로자에게 발생될 수 있는(발현될 수 있는) 가능성이 다. 따라서 위험은 유해인자의 위해성

(hazard)과 노출(exposure)의 조합에 의해서 결정된다(Tait, 1992; Topping et al., 1998).

독성이나 위해성이 크다고 반드시 위험이 큰 것은 아니다. 산업위생에서 관리해야 할 유해인자의 특성은 독성이나 위해성 그 자체가 아니고 근로자의 노출가능성을 고려한 위험이다.

여러 유해인자들의 위험을 정량적(혹은 정성화)으로 평가(이하 "위험평가"라 한

접수일 : 2003년 3월 31일, 채택일 : 2003년 7월 21일

† 교신저자 : 김현욱(서울 서초구 반포동 505, 가톨릭대학교 산업보건대학원

Tel : 02-590-1237, E-mail : hwkim@catholic.ac.kr)

다)하여 우선순위에 따라 관리하는 것이 필요하다. 위험의 정도에 따라 대책의 수준(level)도 결정되기 때문이다. 산업장에서 발생하는 유해인자의 위험(risk)정도는 서로 다르다. 위험이 큰 유해인자일 수록 더 자주, 신속하게, 더 많은 주의를 가지고 관리하여 위험을 줄여야 한다. 위험이 감소되었다고 판단되면 노출평가의 빈도는 적어진다. 위험이 낮은 유해인자는 보호구 지급, 교육 등 간단한 관리대책만으로 효과적일 수 있다.

영국의 The Control of Substances Hazardous to Health Regulations(COSHH) 법규에 의하면 사업주는 위험평가에 근거한 유해인자의 노출을 관리해야 할 의무를 가지고 있다(Russell et al., 1998). 소규모 사업장에서 이러한 규칙을 지키는 것은 쉽지 않다. 유해인자의 노출이 노출기준에 적절한지 평가하기 위해서는 측정 및 분석장비와 전문가가 필요하기 때문이다(Brooke, 1998). Topping et al.(1998)은 소규모사업장에서 유해인자를 효과적으로 관리하기 위한 대책으로서 영국의 Health and Safety Executive (HSE)의 Scheme모델을 소개하였다. 이 모델은 유해인자의 유해성과 노출가능성을 고려하여 개략적인 위험평가(generic risk assessment)를 한 다음 이를 근거로 유해인자 관리 형태를 결정하는 것이다. 즉 위험평가의 등급에 따라 적용될 관리방안이 달라진다.

우리나라의 작업환경측정제도는 유해인자의 위험에 상관없이 모든 유해인자를 대상으로 일정한 주기(년 2회)로 반복적으로 측정하고 있다. 유해인자의 노출은

고려하지 않고 위해성만을 근거로 관리하고 있다. 이러한 제도는 유해인자의 위험을 효과적으로 관리할 수 없다. 노동부는 2000년 7월부터 5인 미만 사업장에도 산업안전보건법을 적용하고 2002년 1월부터 이들 사업장에 대해 작업환경측정의 의무를 부과하였다. 본 연구는 노동부가 5인 미만 사업장의 특수성을 고려한 작업환경관리방안 정책을 수립하는 기초자료를 제공할 목적으로 수행하였다.

본 연구의 목적은 업종별 화학적 유해인자의 위험을 정성적으로 평가하여 상대적으로 위험이 높은 업종을 선별하는데 있다. 이러한 위험평가방법은 화학적인자에 대한 측정결과가 없는 공정이나 사업장(또는 업종)을 대상으로 산업위생조사를 실시할 때 우선적으로 측정(또는 관리)해야 할 인자를 결정하는데 활용될 수 있다.

II. 연구방법

1. 대상

본 연구는 총 17개 중분류 업종을 대상으로 근로자 5인 미만의 514개 사업장을 조사하였다. 사업장을 직접 방문하여 공정별로 취급되거나 발생하는 화학적 유해인자의 특성, 종류, 양 등 위해성과 공기중 발생가능성 등과 관련된 내용을 조사하였다. 위험평가 대상 유해인자는 화학적인자로서 총 107건이었고 이들을 가스상물질과 입자상물질로 구분하여 평가하였다. 위험평가를 하기 위해서 조사하였

을 뿐 측정하지는 않았다. 5인 미만의 사업장은 2002년 기준으로 산업안전보건법의 적용을 받지 않아 유해인자에 대한 측정결과가 전혀 없어 정량적인 평가는 불가능하였다.

본 연구에서 활용한 위험평가는 영국의 Health and Safety Executives(HSE)가 소규모 사업장을 대상으로 적용한 위험평가방법(Topping et al., 1998)과 미국산업위생학회(American Industrial Hygiene Association, AIHA)의 위험평가방법(Hawkins et al., 1992)을 조합하여 사용하였다.

2. 위험평가 요소와 과정

그림 1은 본 연구의 화학적 유해인자에 대한 정성적인 위험평가 과정이다. 정성적인 위험평가는 물질의 위해성과 노출가능성을 조합하여 결정하였다.

1) 위해성 범주(hazard band)

AIHA가 위해성을 구분했던 기준과 HSE가 이용한 관리능도를 조합하여 위해성을 표 1과 같이 5개 범주로 구분하였다.

관리능도는 2002년 미국산업위생전문가협회(American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH)의 노출기준(ACGIH, 2002)으로 정하였다. 노출기준이 없는 물질은 위해성만을 근거로 구분하였다.

(1) 급성독성물질

급성독성물질 중에서 위해 작용이 빠른 자극물질(irritants)은 범주 "B"로 그리고

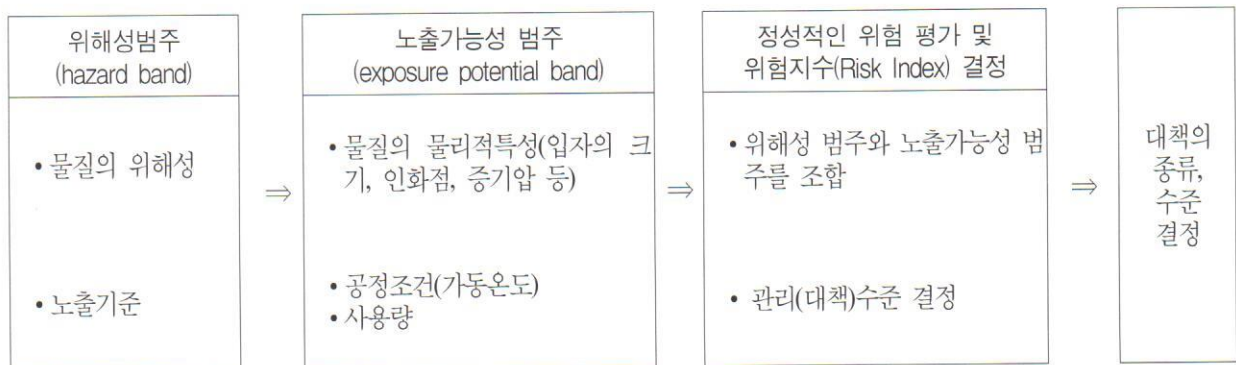


Figure 1. Procedure and components for risk assessment.

Table 1. Hazard bands assessed by Occupational Exposure Limits and toxicity of chemical agents

Hazard band	Concentration		Classification
	입자상물질, mg/m ³	가스상물질, ppm	
A	1-10 이상	50-500이상	• 가역적인 건강상의 영향이 알려지지 않았거나 조금 있는 경우 • 건강상의 영향이 의심되는 경우
B	0.1-1	5-50	• 가역적인 건강상의 영향이 있는 경우
C	0.01-0.1	0.5-5	• 심각한 가역적인 건강상의 영향이 있는 경우
D	0.01이하	0.5이하	• 동물실험에서 확인된 발암물질 • 비가역적인 건강상의 영향이 있는 경우
E	취급과 발생을 가능한 억제하고 특별한 대책이 필요		• 인간에게 확인된 발암물질 • 생명을 위협하거나 치명적인 상해나 질병에 대한 영향이 있는 경우

강산과 같은 부식성물질 등으로서 근로자의 신체 조직에 영구적인 손상을 줄 수 있는 물질은 범주 "C"로 결정하였다.

(2) 만성독성물질

만성독성물질, 발암물질, 기형유발물질은 ACGIH의 노출기준, NIOSH(National Institute for Occupational Safety and Health), NTP(National Toxicology Program), IARC (International Agency for Research on Cancer)에서 발암물질로 의심되거나(suspected carcinogen) 확인(confirmed)된 경우(ACGIH, 2002; NTP, 2002; IARC, 2002)에는 범주 "E"로 결정했다. 동물실험에서 발암물질로 확인된 물질은 범주 "D"로 정하였다.

2) 호흡기 노출가능성 범주(exposure potential band)

화학적 인자의 노출가능성(potential)은 호흡기 노출만 고려하였고 물질의 물리적 특성과 사용량을 조합하여 정성적으로 4개의 범주로 예측하였다.

(1) 고체류(Topping et al., 1998)

고체류의 공기 중 노출가능성은 HSE가 고체류의 물리적 특성에 따라 정성적으로 예측한 방법을 활용했다. 즉, 고체류의 먼지 발생 가능성을 "고"(high dustiness), "중"(medium dustiness), "저"(low dustiness)로 구분하였다. 각각에 대한 분류기준과 예를 설명하면 다음과 같다.

① 분산 가능성이 높음("고")

취급될 때 쉽게 공기중으로 비산되어 먼지구름이 형성되고 공기중에 오래 머무는 경우로서 미세하고 가벼운 입자가 해당된다. 예를 들면 시멘트먼지, 이산화티타늄(titanium dioxide), 복사용토너 등과 같은 것이다. 공정에서 취급되는 고체류와 가동 공정의 특성에 따라 구분하였다.

② 분산 가능성이 중간("중")

취급될 때 공기 중으로 발생되어 빨리 침강하는 것으로 과립상이나 알갱이, 파우더(powder) 같은 고체류가 해당된다.

③ 분산가능성이 낮음("저")

자그마한 덩어리(pellet) 같은 것으로 공기 중으로 쉽게 날리지 않은 고체류이다. 사용하는 동안에 거의 공기중으로 분산될 가능성이 적다. 예를 들면 왁스, PVC덩어리 등이 해당된다.

(2) 액체류(Topping et al., 1998)

액체류의 증기화 가능성은 공정운전조건과 물질의 끓는점을 이용한 방법과 증기압을 이용한 방법에 의해 예측하였다. HSE에서는 상온에서 증기압을 이용한 방법이나 그림 2의 그래프를 이용한 방법간의 증기화 가능성은 비슷한 것으로 보고하였다.

① 공정운전 온도와 물질의 끓는점을 이용

물질이 취급되는 공정의 운전 온도와 끓는점을 조합하여 공기중 노출가

능성을 "고"(high), "중"(medium), "저"(low)로 예측하였다. 물질의 끓는점과 공정운전조건을 조합하여 증발가능성을 그림 2와 같이 구분한 것이다.

증발가능성을 "중"과 "저"로 구분하는 경계선은 다음 식에 의해 계산할 수 있다.

$$\text{끓는점} = 5 \times \text{공정운전온도} + 50$$

증발가능성을 "중"과 "고"로 구분하는 경계선을 구하는 식은

$$\text{끓는점} = 2 \times \text{공정운전온도} + 10$$

이 식에다 끓는점과 공정 운전온도를 대입하면 그림 2가 구해진다.

만약 상온에서 50°C이하의 끓는점을 가진 액체류는 모두 증발가능성이 "고"에 해당되고 50°C-150°C의 끓는점을 가진 액체류는 "중"에 해당되는 것을 그림 2에서 볼 수 있다. 톨루엔(toluene)은 끓는점이 100°C이다. 만약 이것이 20-50°C 공정에

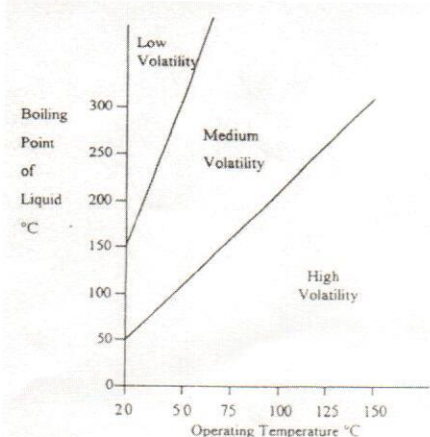


Figure 2. Graph to select volatility of liquid.

서 취급되면 증발가능성은 “중”이고 만약 50℃이상에서 취급되면 “고”이다. 혼합물 일 경우 가장 낮은 끓는점을 가진 물질을 기준으로 적용하였다.

② 증기압을 이용

본 연구에서 공정 운전조건을 조사하지 못했을 때는 물질의 증기압을 이용하여 노출가능성을 예측하였다. 즉 화학물질의 증기압이 25 kPa이상일 경우 공기중 노출 가능성은 “고”이고 25-0.5 kPa사이일 경우

에는 “중” 그리고 0.5 kPa이하는 “저”로 평가하였다.

(3) 사용량

고체나 액체물질의 공기 중 분산가능성에 영향을 미치는 공정요인은 매우 많다. 이들을 모두 고려한다는 것은 불가능하다. 공기 중 분산 가능성에 가장 크게 영향을 미치는 공정요인중의 하나는 사용량이다.

표 2와 3은 고체와 액체류의 공기 중 발

생가능성과 사용량을 조합하여 호흡기 노출가능성을 예측한 4개의 범주다.

3) 위험지수(Risk Index, RI)

1)과 2)항에서 설명한 물질의 위해성범주와 공기중 노출가능성 범주를 조합하여 정성적인 위험지수(Risk Index, RI) 범주를 최종적으로 결정하였다. RI범주(I, II, III, IV)에 따라 유해인자에 대한 근로자노출을 줄이기 위한 대책의 수준과 종류를 결정한다(표 4, 5 참조).

Table 2. Definition of exposure predictor solid bands (EPS) for solid chemicals

Exposure predictor solid band	Description
EPS 1	분산가능성이 “고”인 고체류를 그램(g)정도 취급한 경우
EPS 2	분산가능성이 “저”인 고체류를 킬로그램(kg)정도 취급한 경우
EPS 3	분산가능성이 “고”인 고체류를 킬로그램(kg)정도 취급한 경우
EPS 4	분산가능성이 “고”인 고체류를 톤(ton) 정도 취급한 경우

Table 3. Definition of exposure predictor liquid bands (EPL) for liquid chemicals

Exposure predictor liquid band	Description
EPL 1	증발 가능성이 “저”인 액체류를 ml정도 취급한 경우
EPL 2	증발 가능성이 “고”인 액체류를 ml정도 또는 증발 가능성이 “저”인 액체류를 m ³ 이나 l 정도 취급한 경우
EPL 3	증발 가능성이 “중”인 액체류를 m ³ 정도 또는 증발 가능성이 “고”인 액체류를 l 정도 취급한 경우
EPL 4	증발 가능성이 “고”인 액체류를 m ³ 정도 취급한 경우

Table 4. Risk index from hazard band and exposure potential in solid chemicals(EPS)

Hazard band	Risk index in solid chemicals			
	EPS 4	EPS 3	EPS 2	EPS 1
A	RI III	RI IV	RI IV	RI IV
B	RI II	RI III	RI IV	RI IV
C	RI I	RI II	RI III	RI IV
D	RI I	RI I	RI II	RI III
E	RI I	RI I	RI I	RI I

Table 5. Risk index from hazard band and exposure potential in liquid chemicals(EPL)

Hazard band	Risk index in liquid chemicals			
	EPL 4	EPL 3	EPL 2	EPL 1
A	RI III	RI IV	RI IV	RI IV
B	RI III	RI III	RI IV	RI IV
C	RI II	RI II	RI III	RI IV
D	RI I	RI I	RI II	RI III
E	RI I	RI I	RI I	RI I

표에서 RI I로 평가된 물질은 가장 우선적으로 관리대책을 수립해야 하고 특별한 공학적인 대책을 마련해야 한다.

III. 연구결과 및 고찰

1. 위험지수 평가에 의한 업종별 위험도 비교

1) 업종별 위해성 범주별 건수 및 분포

표 6은 17개 업종별로 조사된 화학적 유해인자의 위해성 범주별 건수 및 분포를 나타낸 것이다.

17개 업종에서 위험평가가 필요하다고 판단된 화학적 유해인자는 107건이었다. 이중 입자상물질이 64건(59.8%)이었고 가스상물질이 43건(40.2%)이었다. 화학적 인자에서 혼합물질이나 인자가 들어있는 경우에는 단일인자로서 취급하였다. 예를 들면 신너, 용접흙, 그리고 여러 금속이 혼합된 입자상물질인 경우 1개의 화학적 인자로 취급하고 평가는 가장 위해성이 큰 인자를 근거로 하였다. 이러한 방법은

HSE가 평가한 것을 활용한 것이다.

입자상물질 64건의 각 위해성범주의 분포를 살펴보면 위해성범주 "B"가 18건(28.1%)이었고, 범주 "C"가 14건(21.8%)로 가장 높았다. 이 범주에 속한 입자상물질은 가역적인 건강상의 영향이 있는 물질로서 용접흙(범주 "C"), 금속흙(범주 "C"), 금속미스트(범주 "C"), 의복이나 봉제과정에서 나오는 먼지(범주 "B") 등이다. 동물실험에서 발암물질로 알려졌거나 비가역적인 건강상의 장애가 있는 물질에 해당되는 위해성 범주 "D"는 9건으로서 14.1%였다. 범주에 해당되는 입자상물질은 조립금속, 자동차부품제조 사업장에서 사용하는 금속가공유(metal working fluids, MWF), 금속주조업에서 발생하는 유리규산 먼지 등이다. 그리고 일반 목재 가구 제조업(가구 및 기타제품제조업)에서 사용하는 포름알데하이드도 "D"로 평가하였다.

금속가공유는 여러조직에서 암을 유발하는 물질로 알려져 있고 미국산업위생전문가협회(ACGIH)가 인간에게 의심되는 발암물질 A2로 개정을 의도하고 있는

(Notice of Intended Change, NIC) 물질로 (ACGIH, 2002) 범주 "D"로 분류하였다.

인간에게 발암물질인 위해성범주 "E"에 속한 입자상물질은 7건으로서 10.9%였다. 위해성범주 "E"에 해당되는 업종별 물질은 다음과 같다.

- 모피가공 및 모피제품제조업(중분류 : 봉제의복 및 모피제품제조업)에서 사용하는 6가 크롬
 - 제재 및 목재가공업(중분류 : 목재 및 나무제품제조업)에서 발생하는 목분진 (hard wood dust)
 - 기타 화학제품제조업(화합물 및 화학제품제조업)에서 사용하는 아크릴로니트릴(acrylonitrile)
 - 도금업(중분류 : 조립금속제품제조업)에서 사용되는 6가크롬, 불용성 니켈
- 한편 조사되지 않은 업종에서도 ACGIH에서 인간에게 암을 유발한다고 확정된 (A1) 입자상물질인 석면, 베릴륨, 콜타르 피취, 코크스오븐배출물 등 발암물질이나 위해성이 높은 물질이 있을 수 있으나 본 조사에서 파악되지 않았다.
- 위해성범주 "A"는 관리하고자 하는 농

Table 6. Hazard band of chemical hazardous agents by industry

Industry	Aerosols					Gases					Total
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	
Food products & beverages	1										1
Sewn wearing apparel and fur articles	8				1		2				11
Wood & products of wood(except furniture)					3		1	1			5
Pulp, paper and paper products						1	3				4
Publishing, printing & reproduction of recorded media			1			2	4			1	8
Coke, refined petroleum products and unclear fuel				1							1
Chemicals and chemical products					1				1		2
Non-metallic mineral products		4						3		1	8
Basic metals		2	3	1							6
Fabricated metal products, except machinery and furniture				3	1		3	1		1	9
Other machinery and equipment		4	8				3			1	16
Electrical machinery & apparatuses etc.	1	3	1		1	1	1				8
Electronic components, radio, television & communication equipment and						1	1				2
Medical, precision & optical instruments, watches & clocks	6	1				1	1	1			10
Motor vehicles, trailers & semi-trailers				2			1				3
Furniture & manufacturing etc.		3	1	2					6		12
Recycling		1									1
Total	16	18	14	9	7	6	20	6	7	4	107

도(노출기준)를 1-10 mg/m³ 범위로 설정한 경우이고 건강상의 영향이 다른 물질에 비해서 가장 낮은 물질로 평가한 경우이다. 이러한 입자상물질은 식품제조업, 의복이나 봉제업, 기타 화학제품제조업 등에서 발생하는 것들로서 위해성이 큰 물질이 함유되지 않았다.

가스상물질 43건에 대한 위해성범주는 "B"가 20건(46.5%), "C"가 6건(14.0%), "D"가 7건(16.3%) 그리고 "A"와 "E"는 각각 6건(14.0%)과 4건(9.3%)로 평가되었다. 위해성 범주 "C"에 구분된 가스상물질은 주로 솔벤트(solvent)이다. 솔벤트중에 발암물질이 포함되어 있으면 위해성 범주 "E"로 평가하였고 그렇지 않은 경우는 "B", "C"로 평가하였다. 위해성범주 "B"는 관리농도가 5-50ppm이며 가역적인 건강상의 장애가 있는 물질이다. 솔벤트에 함유된 혼합 유기용제 중 노출기준이 가장 낮은 것을 기준으로 위해성범주를 평가하였다. 예를 들면 톨루엔, 트리클로로에틸렌(trichloroethylene) 등 50ppm이하인 물질이 함유된 물질은 위해성범주 "B"로 정하였다. 위해성 범주 "C"로 결정된 것은 심

각한 건강상의 장애가 있는 인자로서 노출기준이 0.5-5ppm이다. 위해성범주 "C"로 평가된 주요 업종별 인자들은 다음과 같다.

- 조립금속제품제조업에서 사용되는 염산, 불산 등
- 의약품기기제조업에서 세척용으로 사용되는 염산 등
- 조립금속제품제조 및 금속제조업에서 금속가공유를 사용할 때 발생하는 에탄올아민, 황화수소(H₂S) 등이다.

가스상물질의 위해성범주 "D"로 평가된 가스상물질은 Toluene-2,4-diisocyanate (TDI: 노출기준 0.005 ppm), 포름알데하이드 등이 모두 가구 및 기타제품제조업에서 조사되었다. 포름알데하이드는 금속가공유를 사용할 때도 발생한다.

위해성범주 "E"로 분류한 것은 인간에게 암을 유발시키는 것으로 확정된 물질이기 때문이다. 출판, 인쇄관련 산업, 금속제품의 도장 등에서 벤젠이 함유된 유기용제도 위해성범주 "E"로 평가하였다. ACGIH에서 인간에게 암을 유발하는 것으로 확정된 가스상물질인 염화비닐, 비

스에테르를 취급하는 업종은 조사되지 않았다. 염화비닐은 PVC를 제조할 때 원료로 들어가는 단량체로서 주로 대기업의 PVC수지를 제조하는 화학제품제조업에서 발생한다. 물론 PVC수지를 압출하는 5인 미만 사업장에서도 수지내에 잔류된(residued) 염화비닐이 발생될 수 있다. 그러나 그 양이 매우 적거나 발생되지 않는 경우가 많은 것으로 보고되어(박동욱 등, 1994) 화합물 및 화학제품제조업에서 발생될 수 있는 염화비닐은 위험평가를 하지 않았다.

2) 업종별 호흡기 노출가능성 범주별 건수 및 분포

입자상물질의 노출가능성은 4개의 범주 중 EPS 2에 28건(43.8%), EPS 3에 36건(56.3%)으로 각각 평가되었다. 사용량이 그람 이하나 톤 이상취급한 사업장이 없었기 때문에 EPS 1과 EPS 4로 평가된 인자는 없었다. 액체류의 노출가능성은 공정온도를 확인할 수 없는 경우 증기압과 사용량을 근거로 범주를 판단하였다. HSE는 액체류의 노출가능성을 결정하는데 있

Table 7. Potential band exposure to chemical hazardous agents by industry

Industry	Aerosols				Gaseous				Total
	EPS1	EPS2	EPS3	EPS4	EPL1	EPL2	EPL3	EPL4	
Food products & beverages		1							1
Sewn wearing apparel and fur articles		8	1			1	1		11
Wood & products of wood(except furniture)			3				2		5
Pulp, paper and paper products							4		4
Publishing, printing & reproduction of recorded media			1				7		8
Coke, refined petroleum products and unclear fuel		1							1
Chemicals and chemical products		1						1	2
Non-metallic mineral products			4				4		8
Basic metals		3	3						6
Fabricated metal products, except machinery and furniture			4			2	3		9
Other machinery and equipment		2	10				4		16
Electrical machinery & apparatuses etc.		5	1				2		8
Electronic components, radio, television & communication equipment and						1	1		2
Medical, precision & optical instruments, watches & clocks		5	2			1	2		10
Motor vehicles, trailers & semi-trailers		1	1				1		3
Furniture & manufacturing etc.			6				6		12
Recycling		1							1
Total	0	28	36	0	0	5	37	1	107

어서 공정온도와 증기압에 의한 것은 서로 큰 차이가 없다고 보고한 바 있다(Maidment, 1998). 공기 중 분산가능성이 “중”이고 킬로그램(kg)정도 취급했던 범주에 속했던(EPS 2) 입자상물질은 다음과 같다

- 봉제외복제품제조업에서 발생된 먼지(8건)
- 기타화학제품제조업에서 발생된 수지, 첨가제 등의 먼지(1건)
- 화합물 및 화학제품제조업에서 발생되는 윤활유나 계면활성제 미스트 (1건)
- 제 1 차 금속산업의 커팅, 그라인딩에서 발생되는 금속먼지(3건)
- 의류용 기기제조업의 가공, 왁스공정에서 발생되는 먼지(5건)
- 기타 전기기계 및 전기변환장치 제조업에서 발생되는 사상, 납땜조립에서 발생되는 흙, 절삭유 등 (5건)

EPS 3으로 평가된 입자상물질들은 수지, 계면활성제, 윤활유, 절삭유 등으로서 공정특성과 함께 물질의 분산특성을 조합해서 결정한 것이다. 공기중 분산가능성이 “고”이고 킬로그램정도 취급했던 범주에 속했던(EPS 3) 입자상물질은 주로 용접흙, 금속미스트 등이다. 이들이 발생된 주요 업종과 발생특성은 다음과 같다.

- 조립금속제품제조업의 용접, 도금공정에서 발생되는 용접흙, 금속미스트, 금속가공유(4건)

영세사업장의 도금공정에서 금속미스트는 수동으로 취급하는 경우가 많아 공기중으로 발생할 가능성이 높다. 또한 금속가공유는 절삭하는 과정에서 기계의 회전력 등으로 공기중 분산가능성이 매우 높다.

- 기타기계 및 장비제조업과 기타 전기기계 및 전기변환장치 제조업에서 발생되는 용접흙, 납먼지(11건).

납먼지는 축전지 및 일차전지제조업에서 발생되는 것으로 공정의 특성상 공기중 발생가능성이 매우 높다.

- 가구 및 기타제품 제조업에서 발생되는 목먼지(wood dust)(6건)

목먼지는 목재를 절단, 재단, 사상 및 연마 등의 공정에서 발생된다. 공정의 특성상 목먼지를 적절하게 제어하는 것은 쉽지 않아 공기 중 분산가능성이 매우 높다.

- 기타 다른 업종의 용접, 용해작업에서 발생되는 흙 등

용접흙은 철강제조업의 용접, 철강조업의 주물(이상 제1차 금속산업)과 다른 업

종의 기계절단, 용합 등의 용접에서 발생된다.

가스상물질의 노출가능성은 EPL 3이 37건(86.4%)으로 가장 많았다. 가스상물질의 노출가능성은 사용량, 증기압, 공정온도로 평가하였으며 각종 솔벤트, 아크릴로니트릴, 메탄올 등이 해당된다.

3) 업종별 위험지수(Risk Index; RI)

화학적 유해인자가 가지고 있는 위해성과 노출가능성으로 조합하여 업종별로 위험지수(Risk Index; RI)를 평가하였다(표 8).

업종별로 평가된 위험지수 등급간에 업종수의 큰 차이가 없었다. 즉 업종별로 각각의 등급에 골고루 분포하는 것으로 나타났다. 총 107건의 화학적 유해인자중에서 RI I에 평가된 유해인자는 25건(23.4%), RI II는 22건(20.6%), RI III는 29건(27.1%), 그리고 RI IV는 31건(29.0%)로 나타났다.

각각의 업종별로 유해인자의 위험지수 등급의 분포에 따라 위험이 높은 업종을 알아낼 수 있다. 등급 I, II에 분포된 비율이 III, IV보다 상대적으로 높은 업종은

Table 8. Risk index from hazard band and exposure potential in solid chemicals(EPS) by industry

Industry	RI				Total
	I	II	III	IV	
Food products & beverages	0	0	0	1	1
Sewn wearing apparel and fur articles	1	0	1	9	11
Wood & products of wood(except furniture)	3	1	1	0	5
Pulp, paper and paper products	0	0	3	1	4
Publishing, printing & reproduction of recorded media	1	1	4	2	8
Coke, refined petroleum products and unclear fuel	0	1	0	0	1
Chemicals and chemical products	2	0	0	0	2
Non-metallic mineral products	1	3	4	0	8
Basic metals	1	3	2	0	6
Fabricated metal products, except machinery and furniture	5	0	2	2	9
Other machinery and equipment	1	10	3	2	16
Electrical machinery & apparatuses etc.	1	0	2	5	8
Electronic components, radio, television & communication equipment and	0	0	1	1	2
Medical, precision & optical instruments, watches & clocks	0	1	2	7	10
Motor vehicles, trailers & semi-trailers	1	1	1	0	3
Furniture & manufacturing etc.	8	1	3	0	12
Recycling	0	0	0	1	1
Total	25	22	29	31	107

위험한 업종으로 평가할 수 있다. 이러한 업종들은 다음과 같다

- 목재 및 나무제품제조업 : 총 5 건의 유해인자중 RI I에 3건(60%), RI II에 1건(20.0%)가 분포되어 있다
- 화합물 및 화학제품제조업 : 총 2건의 유해인자가 RI I에 분포되어 있다.
- 제1차 금속산업 : 총 6건의 유해인자중 RI I에 1건(16.7%), RI II에 3건(50.0 %)가 분포되어 있다
- 기타기계 및 장비제조업 : 총 16건의 유해인자중 RI I에 1건(6.3%), RI II에 10건(62.5%)가 분포되어 있다
- 자동차 및 트레일러 제조업 : 총 3건의 유해인자중 RI I과 RI II에 각각 1건(33.3%)가 분포되어 있다
- 가구 및 기타 제품제조업 : 총 12건의 유해인자중 RI I에 8건(66.7%), RI II에 1건(8.3%)가 분포되어 있다.

HSE에 의하면 위험지수 I로 평가된 유해인자는 특별한 대책이 요구된다고 하였다. 즉 유해인자를 관리하는데 완벽하게 관리되도록 전문가의 특별한 검토가 필요하다. 위험지수 II로 평가된 유해인자는 취급되는 유해인자가 가능하면 공기중으로 발산되지 않도록 밀폐, 격리 등의 조치가 요구된다. 따라서 위험지수 I, II로 평가된 유해인자는 근원적인 사용을 억제하거나 취급에 특별한 관리를 기울이는 한편 철저한 공학적인 대책이 요구된다. 위험지수 III으로 평가된 유해인자는 국소배기장치 등의 공학적인 대책이 요구된다. 위험지수 IV로 평가된 유해인자는 일반환기에 의한 관리가 가능하다. 즉 창문, 문 등을 열어 외부의 공기를 희석하는 방법으로도 관리가 가능한 인자들이다 (Guest, 1998; Toppong et al., 1998; Donoghue, 2001).

따라서 위험지수 I, II, III이 위험지수 IV보다 분포한 비율이 상대적으로 높은 업종일수록 우선을 두고 관리대책을 수립해야 한다. 본 연구에서 수행한 위험평가 방법은 5인 미만의 사업장만을 대상으로 적용할 수 있는 것은 아니다. 이러한 방법은 모든 사업장에서 유해인자를 평가할

때 적용해야 하는 고유한 산업위생평가 기술이다.

노동부는 699,880개소의 5인 미만 사업장에 대한 작업환경관리를 해야 한다(노동부, 2001). 위험에 대한 정량적인 평가를 실시하지 않고 모든 사업장을 대상으로 작업환경관리와 건강관리를 실시하는 것은 위험이 적정하게 관리될 수 없다. 우선적으로 위험이 큰 업종을 선별하여 우선적으로 관리하는 것이 필요하다. 따라서 본 연구에서 적용한 위험평가방법은 위험이 높은 업종들을 우선적으로 선별하는데 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

IV. 결 론

총 17개 업종 514개 사업장을 대상별 화학적 유해인자에 대한 위험을 평가(risk assessment)하였다. 조사대상은 모두 5인 미만의 근로자를 가진 소규모사업장이었다. 사업장을 직접 방문하여 화학적 인자가 공기 중으로 발생하는데 영향을 미칠 수 있는 공정별 요인과 특성을 조사하였다. 이러한 결과를 근거로 화학적 유해인자가 가지고 있는 위해성과 노출가능성을 조합하여 업종별 위험지수(Risk Index; RI)를 정성적으로 예측하였다. 화학적 인자가 위험지수 등급 I, II에 분포된 업종은 목재 및 나무제품제조업, 화합물 및 화학제품제조업, 제1차 금속산업, 기타기계 및 장비제조업, 자동차 및 트레일러 제조업, 가구 및 기타 제품제조업이었다. 다른 업종에 비해서 위험이 상대적으로 높은 이러한 업종들에 대한 관리가 보다 우선되어야 될 것으로 판단된다.

REFERENCES

- 노동부. 중소기업 특성을 고려한 작업환경개선모델 연구: 5인 미만 제조업체에 적합한 작업환경관리(개선) 정책 방향 제시. 2001.
- 박동욱, 신용철, 이나루, 오세민, 정호근.

일부 PVC수지 제조 및 가공근로자의 염화비닐 폭로평가와 대책에 관한 연구. 한국산업위생학회지 1994;4(1): 33-42

ACGIH(American Conference of Governmental Industrial Hygienists). 2002 TLVs & BEIs, threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices. ACGIH 1330 Kemper Meadow Drive Cincinnati, OH 45240-1634. ISBN 1-1882417-46-1; 2002

Brooke IM. A UK scheme to help small firms control health risks from chemicals: toxicological considerations. Ann Occup Hyg 1998;42(6):377-390

Donoghue AM. The design of hazard risk assessment matrices for ranking occupational health risks and their application in mining and minerals processing. Occup Med 2001;5(2): 118-123

Guest I. The chemical industries association guidance on allocating occupational exposure bands. Ann Occup Hyg 1998;42(6):407-411

Hawkins NC, Jaycock MA, Lynch J. A rationale and framework for establishing the quality of human exposure assessments. Am Ind Assoc J 1992;53(1):34-41

IARC(International Agency for Research on Cancer). Lists of IARC Evaluations; 2002. Available from: URL:<http://monographs.iarc.fr/mono-eval/grlist.html>

Maidment SC. Occupational hygiene considerations in the development of a structured approach to select chemical control strategies. Ann Occup Hyg 1998;42(6):391-400

NTP(National Toxicology Program). Report on carcinogens, Tenth Edition. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service; 2002. Available from: URL:<http://ehp.niehs>.

nih.gov/roc/toc10.html
Russell RM, Maidment SC, Brooke I,
Topping MD. An introduction to a UK
scheme to help small firms control
health risks from chemicals. Ann Occup

Hyg 1998;42(6):367-376
Tait K. The workplace exposure assessment
expert system(workspert). Am Ind Hyg
Assoc J 1992;53(2):84-98

Topping MD, Williams CR, Devine JM.
Industry's perception and use of
occupational exposure limits. Ann
Occup Hyg 1998;42(6):357-366