

부산지역 일부 제조업 산업장의 기증 5가지 화학물질의 경시적 농도 변화

박준제 · 선병관 · 손병철 · 문덕환†

인제대학교 산업의학연구소 및 부산백병원 산업의학과

Chronological Concentration Change of Five Chemical Substances in Manufacturing Industry of Busan Area

Joon Jae Park · Byong Gwan Sun · Byung Chul Son · Deog Hwan Moon†

*Institute of Industrial Medicine & Department of Occupational and Environmental
Medicine, Busan Paik Hospital, Inje University*

This study aimed to prepare the fundamental data and assess the status and trend of exposure level for 5 chemical substances such as sulfuric acid, hydrogen chloride, ammonia, formaldehyde and phenol in manufacturing industry by type of industry, working process, and size of factory, chronological change. Subjects related to this study consist of 146 factories, 12 industries and 17 working processes located in Busan area from Jan. 1997 to Dec. 2001.

1. All 5 kinds of chemical substances by type of industry, working process were generated in chemical manufacturing industry. There were founded in 8 types of industries and 13 types of working processes for ammonia, which is the highest number of in all 5 chemical substances.

2. In terms of the exposure level for 5 chemical substances by type of industry, working process, geometric mean concentration for sulfuric acid was 0.40 mg/m³ in manufacture of chemicals and chemical products, 0.30 mg/m³ in compounding process, for hydrogen chloride was 0.57 ppm in manufacture of basic metal, 0.48 ppm in dyeing process, for ammonia was 1.11 ppm in manufacture of rubber and plastic products, 0.94 ppm in buffing process, for formaldehyde was 0.49 ppm in manufacture of wood and of products of wood and cork, except furniture; manufacture of articles straw and plating materials, 0.53 ppm in mixing process, and for phenol were 0.53

ppm in manufacture of chemical and chemical products, 0.55 ppm in compounding process, respectively. Results for 5 chemical substances by type of industry and working process were significantly higher than those of the others ($p < 0.05$).

3. The exposure level for hydrogen chloride, formaldehyde were significantly increased by size of industry ($p < 0.01$). ammonia was significantly decreased by size of industry ($p < 0.01$).

4. In trend of the concentration difference of five chemical substances by chronology, geometric mean concentration for sulfuric acid was significantly increased ($p < 0.01$), hydrogen chloride and ammonia were significantly decreased by year ($p < 0.05$) and for formaldehyde and phenol were decreased in chronological change.

According to the above results 5 chemical substances were founded together in a way mixed in the same places one another and concentrations of chemical substances by industry, working process, size of industry and year appeared markedly. The authors recommend more systemic and effective work environmental management should be conducted in workplaces generating five chemical substances.

Key Words : five chemical substance, manufacturing industry, chronological change

I. 서론

자극성 물질(irritant materials)은 습기나 점액이 있는 표면에 염증을 일으키는 물질이다. 이러한 기전은 본질적으로 동물에서와 마찬가지로 사람에서도 같은 영향을 초래하며 피부를 통한 자극성 물질의 체내 흡수는 저농도에 의한 노출에서 매우 중요한 의미를 지닌다(Clayton et al., 1995). 포름알데히드(HCHO, formaldehyde)를 포함한 알데히드 물질, 암모니아(NH₃, ammonia), 염화수소(HCl, hydrochloric acid or hydrogen chloride), 황산(H₂SO₄, sulfuric acid) 등은 대표적인 상기도(the upper respiratory tract) 자극제로 분류되어 있으며, 또한 피부를 통한 흡수가 매우 빠른 페놀(C₆H₅OH, phenol)은 피부 표면에 염증을 일으키는 데에 중요한 기여를 한다고 알려져 있다(Clayton et al., 1995).

무색의 질식 및 자극성 기체인 황산과 염화수소는 물에 대한 용해성이 크며, 특히 염산은 고온으로 가열되거나 금속과 접촉시 수소기체를 발생시킨다. 염화수소는 금속세척(metal cleaning or steel pickling), 야금(metallurgical processes), 염소 및 염소화합물생산(chlorine and chlorine compound production), 식품가공(food processing), 가죽제품제조(leather tanning processes), 전기도금(electroplating) 그리고 실험실내 시약 등으로 사용되고 있으며(Clayton, 1995) 미국산업안전보건연구원(NIOSH, National Institute for Occupational and Safety Health, 1995)에 의하면 약 100만명 정도가 이 물질에 노출되고 있다고 한다. 무색의 기체로써 물에 매우 잘 녹는 강염기성을 지니는 암모니아는 강한 자극성 냄새를 지니고 주로 상기도 자극을 일으키며 고농도에서는 피부자극 및 부식성이 있다. 암모니아의 발암성 증례는 없으나 이로 인한 직업성 질환으로 만성적 폐질환이 보고 되고 있다(Rafael et al., 1996; William, 2002). 콜타르(coal tar)에 있는 여러 방향족 유기화합물(aromatic organic compounds) 중의 하나인 페놀은 폭발물(explosive), 비료(fertilizer), 코크스(coke), 조명가스(illuminating gas), 유연(lampblack), 페인트제거(paint remover), 고무(rubber), 석면제품(asbestos goods), 목재방부(wood preservations), 합성수지(synthetic resins), 섬유(textiles), 제약(drugs), 향수(perfumes) 등의 제조에 이용되며, 석유(petroleum), 가죽(leather), 제지(paper), 비누(soap), 탄닝(tanning), 염료(dye) 및 농업생산(agricultural production) 등에서 발견된다. 작업장내 페놀의 노출 사고로 인한 피부 또는 폐놀 증기의 흡입이 있으나 그 예는 매우 드물며, 폐놀중독

에 의한 영향으로는 혼수상태(coma), 저온증(hypothermia), 혈관수축(loss of vasoconstriction), 흉부압박(cardiac depression) 등을 일으키고, 만성적으로는 호흡기계 및 폐 손상, 그리고 신경정신계 장애를 일으키며(Zangger, 1934) 일부 페놀 취급 의료종사자 중에서 피부자극 유발물질로 보고되었다(이규태, 1993). 포름알데히드는 각종 합성수지의 원료, 계면활성제, 농약, 염료, 폭약, 소독제, 살균제, 식품, 피혁 등에 사용되며, 특히 포름알데히드와 반응하여 생성된 페놀수지, 요소수지, 멜라닌 수지 등은 목재에 대한 강한 접착력으로 합판이나 가구류의 접착제로 다량 사용되고 있다(장미와 김현옥, 1996). 작업자가 이에 노출되면 눈, 코, 기관지에 심한 자극을 일으키며(이규태, 1993; NRC, 1981) 동물실험결과 발암성 추정물질로 규정하고 있다(ACGIH, 2005). 유해화학물질로 분류된(김정호, 1998) 이들 5종의 물질들의 사용은 매우 광범위하며 대표적인 피부자극 및 이로 인한 흡수가 비교적 빠른 물질들이다.

최근 우리나라 직업성 질환의 발생특성을 살펴보면 전통적으로 진폐와 소음성 난청이 직업병의 대부분을 차지하고, 나머지는 특수건강진단 항목에 포함되어 있지 않은 항목의 직업병 인정비율이 증가하고 있으며 유해화학물질로 분류된 이들 5종의 물질에 대한 분포는 거의 발견할 수 없다(강성규, 1999; 이윤근, 1999; 노동부, 1990-1999; 노동부, 2001). 이것은 이러한 물질들로 인한 피부자극 및 상기도 호흡계 질환의 직업 관련성 판단이 어려운 현실적 여건에 기인할 수 있으며, 특히 이러한 물질들의 작업장내 노출실태와 노출수준 정도를 구체적으로 파악할 수 있는 기초 자료가 아직 부족한 원인일 수 있다(김정호, 1998). 따라서 유해화학물질로 분류된 황산, 염화수소, 암모니아, 포름알데히드, 그리고 페놀에 대한 업종별, 규모별, 공정별, 연도별 분류를 통한 노출실태와 정도를 살펴보고 장시간에 걸쳐 그 노출수준의 경시적 변화추세를 파악함으로써 추후 이들 분야의 기초자료를 제공할 뿐만 아니라 보다 적극적이고 체계적인 작업환경관리와 이들 유해화학물질을 취급하는 근로자들의 직업병 예방 대책 마련을 위하여 본 연구를 시행하였다.

II. 연구대상 및 방법

1. 조사대상 및 조사기간

부산시내 일부 공단에서 유해화학물질을 사용하고 있는

이 논문은 2003년도 인제대학교 학술연구조성비 지원에 의한 것임.
접수일: 2005년 9월 12일, 채택일: 2006년 3월 29일

† 교신저자: 문덕환(부산시 진구 개금동 부산백병원 산업의학과)

Te l: 051-890-6741, Fax : 051-895-7040, E-mail : iimmdh@inje.ac.kr

Table 1. The number of factory by type of industry

() : %

Type of industry	Number
Manufacture of food products and beverages	11(7.6)
Manufacture of textiles	22(15.1)
Tanning and dressing of leather	35(24.1)
Manufacture of handbags, saddlery harness and footwear	
Manufacture of wood and of products of wood and cork, except furniture	3(2.1)
Manufacture of articles of straw and plaiting materials	
Manufacture of chemicals and chemical products	4(2.7)
Manufacture of rubber and plastic products	2(1.3)
Manufacture of other non-metallic mineral products	2(1.3)
Manufacture of basic metals	7(4.7)
Manufacture of fabricated metal products, except machinery and equipment	53(36.4)
Manufacture of motor vehicles, trailers and semi-trailers	3(2.1)
Electricity, gas, steam and hot water supply	2(1.3)
Manufacture of electrical machinery and products n.e.c.*	2(1.3)
Total	146(100)

n.e.c.*: not especially classified

Table 2. The number of sample by working process

() : %

Working processes	Numbers
Dyeing	280(23.5)
Acid pickling	259(21.8)
Tanning	178(15.0)
Steel-Plating	130(10.9)
Air-compressing	77(6.5)
Chemical treatment and coating	47(3.9)
Mixing	38(3.2)
Fluxing	30(2.5)
Compounding	29(2.4)
Latex-putting	28(2.3)
Adhesion	20(1.7)
Buffing	20(1.7)
Heat treatment	17(1.4)
Water treatment	16(1.3)
Forming	14(1.2)
Metal surface coating	6(0.6)
Testing and research	2(0.1)
Total	1193(100)

12개 업종, 146개 사업장, 17개 공정을 대상으로 1997년 1월부터 2001년 12월까지 5년 동안 조사하였고, 조사대상 물질은 부산지역 제조업 산업장에서 비교적 많이 사용되는 염산, 황산, 암모니아, 포름알데히드 및 페놀을 선정하였으며, 업종별, 공정별, 규모별 그리고 연도별 일반특성은 각각 표 1, 2, 3, 4와 같다. 조사대상 사업장의 산업분류는 한국표준산업분류(통계청, 2000)에 의하여 분류하였다.

2. 측정 및 분석방법

가스나 증기상태로 존재하는 각각의 물질들을 액체포집방법으로 시료를 포집하였다. 15 ml 흡수액이 들어있는 임핀저(Impinger)를 타이콘 튜브로 능동시료포집기(Active air sampler, Gilian, U.S.A)에 연결시켜 작업자들이 작업하는 영역에서 가급적 가까운 곳을 선택하여 지상으로부터 1.5 m 떨어진 위치에서 시료를 포집하였다(ACGIH, 1989). 시료의 분석은 Spectrophotometer(U-2000, HITACH, Ltd. Tokyo, Japan)을 사용하였고 분석방법은 염산 및 황산은 산업보건연구원(1991)의 유해물질 측정을 위한 공정시험방법으로, 암모니아는 APHA method No.801에 의하였고, 포름알데히드는 NIOSH manual method 2546 의하였으며, 페놀은 환경부 대기오염·소음·진동 공정시험법(1992)에 의하였다.

3. 유해화학물질의 허용기준

산업안전보건법에서 규정하고 있는 유해화학물질 중 본 연구에서 선택한 물질에 대한 각 기관별 허용기준은 표 5와 같다. 노출기준은 1일 작업시간 동안의 시간가중평균노출기준(TWA, Time Weighted Average)과 단시간노출기준(STEL, Short-Term Exposure Limit) 그리고 천정값(Ceiling)을 표시하였다. 현재 사람에서의 발암성 추정물질로 분류된 물질에 대하여 A2로 표시하였다.

4. 자료의 통계분석

자료처리는 SPSS10.0 for windows를 이용하여 측정 자료의 분포를 평가한 결과 대수정규분포를 하였고, 대표치로써 기하평균과 그 표준편차를 계산하였다. 그리고 업종별, 공정별, 규모별 그리고 기간별로 각 물질에 대한 공기 중 농도변화에 대한 유의성 검정을 위해 분산분석을 실시하였다.

III. 결 과

1. 업종별 유해화학물질의 발생실태

Table 3. The number of industry, working process and factory by size of industry

(): %

Workers	Industry	Working process	Factory
< 29	12(40.0)	14(35.9)	82(56.2)
30 - 49	6(20.0)	8(20.4)	37(25.4)
50 - 99	6(20.0)	9(23.6)	14(9.6)
100 - 299	4(13.4)	6(15.3)	11(7.6)
300 - 499	1(3.3)	1(2.4)	1(0.6)
500 - 999	1(3.3)	1(2.4)	1(0.6)
Total	30(100)	39(100)	146(100)

Table 4. The number of factory by year

(): %

Year	Number
1997	80(20.3)
1998	78(19.6)
1999	83(21.0)
2000	85(21.5)
2001	70(17.6)
Total	396(100)

Table 5. Acceptable criteria of exposure limit for five chemical substances by organization.

Name of Materials	Category	ACGIH('96) [*]		OSHA('93) ^{**}		EL in Korea('02) ^{***}	
		ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
Hydrogen chloride	TWA	5(C [†])	7.5(C [†])	5(C [†])	7.5(C [†])	5(C [†])	7.5(C [†])
	STEL/Ceiling(C [†])	—	—	—	—	—	—
Sulfuric acid	TWA	—	1(A ₂ ^{††})	—	1	—	1
	STEL/Ceiling(C [†])	—	3	—	—	—	—
Ammonia	TWA	25	17	50	35	25	18
	STEL/Ceiling(C [†])	35	24	—	—	35	27
Formaldehyde	TWA	—	—	0.75	—	1(A ₂ ^{††})	1.5(A ₂ ^{††})
	STEL/Ceiling(C [†])	0.3(C [†] , A ₂ ^{††})	0.3(C [†] , A ₂ ^{††})	2	—	2(A ₂ ^{††})	3(A ₂ ^{††})
Phenol-skin	TWA	5	19	5	19	5	19
	STEL/Ceiling(C [†])	—	—	—	—	—	—

* : American Conference of Governmental Industrial Hygienists in US.

** : Occupational Safety & Health Administration in US.

*** : Exposure Limit established in Korean minister of labor.

† : The concentration that should be exceeded during any part of the working exposure.

†† : Suspected Human Carcinogen.

Table 6. Profile generating five chemical substances by type of industry

Type of industry	Sulfuric acid	Hydrogen chloride	Ammonia	Formaldehyde	Phenol	No. of cases**
MF1			●			1
MT2	●	●	●	●		4
TDL3	●		●			2
MW4				●		1
MC5	●	●	●	●	●	5
MR6	●		●			2
MNM7					●	1
MBM8	●	●	●	●	●	4
MP9	●	●	●			3
ME10						1
MV11				●	●	2
ES12	●	●	●			3
Total*	7	5	8	5	4	

1 : Manufacture of food products and beverages. 2 : Manufacture of textiles.

3 : Tanning and dressing of leather; Manufacture of handbags, saddlery harness and footwear.

4 : Manufacture of wood and of products of wood and cork, except furniture; Manufacture of articles of straw and plaiting materials.

5 : Manufacture of chemicals and chemical products. 6 : Manufacture of rubber and plastic products.

7 : Manufacture of other non-metallic mineral products. 8 : Manufacture of basic metal.

9 : Manufacture of fabricated metal products, except machinery and equipment.

10 : Manufacture of electrical machinery and products n.e.c.

11 : Manufacture of motor vehicles, trailers and semi-trailers.

12 : Electricity, gas, steam, and hot water supply.

● : A case of generating specific chemical substances by industry.

* : The total number of cases of specific chemical substances by type of industry.

** : The total number of industry by type of specific chemical substances.

업종별로 본 유해화학물질의 발생실태는 표 6과 같다. 5종의 화학물질이 모두 발생된 업종은 화합물 및 화학제품 제조업이었고, 섬유제품 제조업과 제 1차 금속산업에서는 4종, 전기, 가스 및 증기업에서 3종, 가죽, 가방, 마구류 및 신발 제조업, 고무 및 플라스틱제품 제조업, 자동차 트레일러 제조업은 2종, 그리고 나머지 업종에서 1종의 유해화학물질이 발생하였다. 그리고 유해화학물질이 발생하는 업종의 수를 보면, 암모니아는 8개, 황산은 7개, 염화수소와 포름알데히드는 5개, 그리고 페놀은 4개 업종에서 발생되었다.

2. 업종별 유해화학물질의 공기 중 농도 수준

황산, 염화수소, 암모니아, 포름알데히드 그리고 페놀의 업종별 공기 중 농도수준은 표 7과 같다. 황산은 7종의 업종에서 발생되었다. 화합물 및 화학제품 제조업(가구제외)의 기하평균농도가 0.40 mg/m³으로 가장 높았고, 고무 및 플라스틱 제품 제조업, 섬유제품 제조업, 조립금속제품 제조업(기계 및 장비 제외), 가죽, 가방, 마구류 및 신발 제조업, 전기, 가스 및 증기업에서 0.10 ~ 0.30 mg/m³수준으로 나타났고, 제 1차 금

Table 7. Ambient concentration for five chemical substances by type of industry

unit : ppm, except for Sulfuric acid(mg/m³)

Type of industry	Sulfuric acid			Hydrogen chloride			Ammonia			Formaldehyde			Phenol		
	n	GM	Range	n	GM	Range	n	GM	Range	n	GM	Range	n	GM	Range
MF1							76	0.60	0.04						
							(2.76)		~2.56						
MT2	160	0.19	0.02	3	0.49	0.43	137	0.34	0.04	20.13	0.11				
		(2.36)	~0.90		(1.10)	~0.52		(2.17)	~2.20		(1.26)	~0.15			
TDL3	64	0.13	0.04				168	0.62	0.02						
		(1.89)	~1.25					(2.63)	~3.41						
MW4										300.49	0.18				
										(1.70)	~0.10				
MC5	8	0.40	0.10	6	0.37	0.14	5	0.67	0.44	50.11	0.07		7	0.53	0.39
		(1.88)	~0.56		(2.22)	~0.52		(1.36)	~0.99		(1.43)	~0.19		(1.33)	~0.86
MR6	1	0.29					9	1.11	0.70						
								(1.69)	~3.29						
MNM7													10	0.38	0.06
														(2.20)	~0.79
MBM8	3	0.08	0.10	2	0.58	0.33				6	0.20	0.12	7	0.52	0.34
		(1.33)	~0.17		(2.19)	~1.00					(1.64)	~0.39		(1.27)	~0.62
MP9	217	0.14	0.02	205	0.32	1.72	61	0.40	0.09						
		(2.28)	~1.44		(2.12)	~0.01		(1.93)	~1.27						
ME10				3	0.29	0.001	2	0.03	0.03						
					(1.00)	~0.30		(2.76)							
MV11										6	0.08	0.02	1	0.32	
											(2.19)	~0.16			
ES12	7	0.11	0.07				10	0.51	0.09						
		(1.40)	~0.15					(3.07)	~2.64						

1 : Manufacture of food products and beverages. 2 : Manufacture of textiles.
 3 : Tanning and dressing of leather; Manufacture of handbags, saddlery harness and footwear.
 4 : Manufacture of wood and of products of wood and cork, except furniture; Manufacture of articles of straw and plaiting materials. 5 : Manufacture of chemicals and chemical products. 6 : Manufacture of rubber and plastic products. 7 : Manufacture of other non-metallic mineral products. 8 : Manufacture of basic metal. 9 : Manufacture of fabricated metal products, except machinery and equipment. 10 : Manufacture of electrical machinery and products n.e.c. 11 : Manufacture of motor vehicles, trailers and semi-trailers. 12 : Electricity, gas, steam, and hot water supply. () : Geometric standard deviation.

속산업에서는 0.08 mg/m³으로 가장 낮게 나타났다(p<0.01). 그리고 조립금속제품제조업(가구 및 장비제외)에서 1개소(1.25 mg/m³), 가죽, 가방, 마구류 및 신발 제조업에서 1개소(1.44 mg/m³)에서 노출기준(노동부, 2002)을 초과하였다.

염화수소는 5종의 업종에서 발생되었다. 제 1차 금속산업에서의 기하평균농도가 0.57 ppm으로 가장 높았다. 섬유제품 제조업, 화합물 및 화학제품 제조업 그리고 조립금속제품 제조업(기계 및 장비제외)에서는 0.30-0.50 ppm 수준이었고 달리 분류되지 않은 기계 및 장비제조업에서는 0.30 ppm으로 가장 낮은 농도수준을 보였다(p<0.05).

암모니아는 8종의 업종에서 발생되었다. 고무 및 플라스틱 제품 제조업에서 1.11 ppm으로 가장 높았다. 다음으로 화합물 및 화학제품 제조업, 가죽, 가방, 마구류 및 신발제조업, 음식료품 제조업, 전기, 가스 및 증기업, 조립금속제품 제조업, 섬유제품 제조업 순으로 나타났으며 그 농도 수준은 0.35-0.67 ppm이었다. 달리 분류되지 않은 기계 및 장비 제조업에서는 0.03 ppm으로 가장 낮은 농도 수준을 보였다(p<0.01).

포름알데히드는 5종의 업종에서 발생되었다. 목재 및 나무

제품 제조업(가구제외)에서 가장 높은 농도 수준인 0.49 ppm으로 나타났고, 자동차 및 트레일러 제조업에서 가장 낮은 농도수준인 0.09 ppm으로 나타났다. 제 1차 금속산업, 섬유제품 제조업 그리고 화합물 및 화학제품 제조업에서의 기하평균농도는 0.11-0.20 ppm수준으로 나타났다(p<0.01).

페놀은 4종의 업종에서 발생되었다. 화합물 및 화학제품 제조업에서의 기하평균농도는 0.53 ppm으로 가장 높았고, 자동차 및 트레일러 제조업에서는 0.32 ppm으로 가장 낮은 농도수준을 보였다. 제 1차 금속산업과 비금속 광물제품 제조업에서 각각 0.52, 0.38 ppm으로 나타났다(p<0.01).

3. 공정별 유해화학물질의 발생실태

공정별로 본 유해화학물질의 발생실태는 표 8과 같다. 5종의 유해화학물질이 모두 발생된 공정은 배합공정이며, 산처리 및 세척, 열처리, 혼합, 탄닝 공정에서는 4종, 금속연마, 염료염색, 금속도금공정에서는 3종, 주형 및 성형, 마무리 검사, 수처리 공정에서는 2종, 그리고 나머지 공정은 1종의 유해화

Table 8. Profile generating five chemical substances by type of working process

Type of working process	Sulfuric acid	Hydrogen chloride	Ammonia	Formaldehyde	Phenol	No. of cases**
Acid pickling(1)	●	●	●	●		4
Adhesion(2)					●	1
Air-compressing(3)uffing(4)	●		●	●		3
Chemical treatment & coating(5)	●					1
Compounding(6)	●	●	●	●	●	5
Dyeing(7)	●	●	●			3
Fluxing(8)			●			1
Forming(9)				●	●	2
Heat treatment(10)	●	●	●	●		4
Metal surface coating(11)			●			1
Mixing(12)	●		●	●	●	4
Steel-plating(13)	●	●	●			3
Latex-putting(14)			●			1
Tanning(15)	●		●	●	●	4
Test, researching(16)	●	●				2
Water treatment(17)	●		●			3

● : A case of generating specific chemical substances by working process.

* : The total number of cases of specific chemical substances by type of working process.

** : The total number of working process by type of specific chemical substance.

학물질이 발생하였다. 그리고 유해화학물질이 발생하는 공정수를 보면, 암모니아는 17개 공정 중 13개 공정으로 가장 많았고 황산, 포름알데하이드, 염산, 페놀이 각각 11, 7, 6, 5개 공정 순으로 나타났다.

4. 공정별 유해화학물질의 공기 중 농도 수준

황산, 염산, 암모니아, 포름알데하이드 그리고 페놀의 공정별 공기 중 농도수준은 표9와 같다. 황산은 11개 공정에서 발생되었다. 배합 공정에서의 기하평균농도가 0.30 mg/m³으로 가장 높았고, 마무리 검사 공정에서 0.05 mg/m³으로 가장 낮게 나타났다. 금속 연마, 염료염색, 화성표면처리 공정에서는 각각 0.29, 0.25, 0.20 mg/m³ 순으로 나타났으며, 혼합, 탄닝, 산처리 및 세척, 수처리, 열처리 그리고 금속도금 공정의 기하평균 농도수준은 0.08-0.17 mg/m³수준으로 나타났다(p<0.05). 그리고 산처리 및 세척(1.17 mg/m³), 화성표면처리(1.44 mg/

m³) 그리고 염색 및 염료공정(2.20 mg/m³)의 각 1개소에서 노출기준(노동부, 2002)을 초과한 것으로 나타났다.

염화수소는 6개 공정에서 발생되었다. 염료염색 공정에서의 기하평균농도가 0.48 ppm으로 가장 높았고, 마무리 검사 공정에서 0.01 ppm으로 가장 낮게 나타났다. 그리고 배합, 산처리 및 세척, 열처리 그리고 금속도금 공정에서는 각각 0.37, 0.33, 0.25, 0.19 ppm순으로 나타났다(p<0.01).

암모니아는 13개 공정에서 발생하였다. 금속연마 공정에서의 기하평균농도가 0.94 ppm으로 가장 높았고, 산처리 및 세척 공정에서는 0.10 ppm으로 가장 낮게 나타났다. 금속표면처리, 배합, 탄닝, 냉매 압축실에서의 기하평균농도 수준은 0.60-0.84 ppm, 금속도금, 라텍스 투입, 열처리, 수처리 그리고 혼합공정에서의 기하평균농도는 0.40-0.52 ppm, 그리고 염료염색 및 플릭스 공정에서의 기하평균농도는 각각 0.34, 0.29 ppm으로 나타났다(p<0.01).

포름알데히드는 7개 공정에서 발생되었다. 혼합 공정에서의 기하평균농도는 0.53 ppm으로 가장 높았고, 금속연마, 열

Table 9. Ambient concentration for five chemical substances by working process

unit : ppm, except for Sulfuric acid(mg/m³)

Working process	Sulfuric acid			Hydrogen chloride			Ammonia			Formaldehyde			Phenol		
	n	GM	Range	n	GM	Range	n	GM	Range	n	GM	Range	n	GM	Range
Acid pickling	60	0.12	0.04	195	0.33	0.01	4	0.10	0.03						
		(2.08)	~1.17		(2.11)	~1.71		(4.49)	~0.57						
Adhesion										18	0.26	0.02	2	0.48	0.28
											(2.80)	~0.99		(1.48)	~0.48
Air-compressing							77	0.60	0.04						
								(2.75)	~2.56						
Buffing	17	0.29	0.04				2	0.94	0.93	1	0.46				
		(2.41)	~0.91					(1.02)	~0.96						
Chemical treatment and coating	47	0.20	0.00												
		(2.39)	~1.44												
Compounding	8	0.29	0.09	6	0.37	0.14	5	0.69	0.44	5	0.11	0.07	5	0.55	0.39
		(1.87)	~0.56		(2.22)	~1.48		(1.40)	~0.99		(143)	~0.19		(1.35)	~0.85
Dyeing	149	0.25	0.02	3	0.48	0.43	128	0.34	0.04						
		(2.37)	~2.20		(1.10)	~0.52		(2.17)	~2.20						
Fluxing							30	0.29	0.11						
								(1.71)	~0.74						
Forming										6	0.25	0.12	8	0.25	0.14
											(0.25)	~0.25		(0.25)	~0.25
Heat treatment	1	0.08		4	0.25	0.05	1	0.50		11	0.39	0.06			
					(3.61)	~0.73		6	0.84	0.84		(2.17)	~0.84		
Metal surface coating								(1.74)	~3.29						
Mixing	11	0.17	0.05				12	0.40	0.05	7	0.53	0.21	8	0.38	0.06
		(2.71)	~0.90					(2.30)	~0.88		(1.67)	~0.91		(2.40)	~0.79

처리 공정에서는 각각 0.46, 0.39 ppm으로 나타났으며, 접착, 주형 및 성형, 탄닝 공정은 0.13~0.26 ppm 수준으로 나타났으며 ($p < 0.05$), 접착(1.00 ppm), 열처리(0.84 ppm), 혼합공정(0.91 ppm)의 1개소에서 각각 노출기준(노동부, 2002)을 초과한 것으로 나타났다.

페놀은 5개 공정에서 발생되었다. 배합공정에서의 기하평균농도가 0.55 ppm으로 가장 높았고, 주형 및 성형 공정에서 0.25 ppm으로 가장 낮게 나타났다. 그리고 접착, 탄닝, 혼합 공정에서는 각각 0.48, 0.43, 0.38 ppm으로 나타났으나 통계적 유의하지 않았다.

5. 사업장 규모별 유해화학물질의 공기 중 농도 수준

황산, 염화수소, 암모니아, 포름알데히드 그리고 페놀의 사업장 규모별 공기 중 농도수준은 표10과 같다. 황산의 사업장 규모별 농도를 보면 300인 이상 500인 미만인 군의 기하평균 농도는 0.21 mg/m³으로 가장 높았고, 29인 미만인 군에서 0.14 mg/m³으로 가장 낮게 나타났다. 그리고 30인 이상 50인 미만, 50인 이상 100인 미만인 군에서는 각각 0.17, 0.18, 0.21mg/m³ 순으로 나타나 사업장 규모가 클수록 황산의 공기 중 농도는 대체적으로 증가했으나 통계적 유의하지 않았다.

염화수소의 사업장 규모별 농도를 보면 50인 이상 100인 미만인 군에서의 공기 중 기하평균농도가 0.46 ppm으로 가장 높았고, 30인 미만인 군에서는 0.29 ppm으로 가장 낮게 나타났다. 30인 이상 50인 미만, 50인 이상 100인 미만인 군에서의 공기 중 기하평균농도는 각각 0.33 ppm으로 나타났으며 사

업장 규모가 클수록 염화수소의 공기 중 농도는 유의하게 증가하였다($P=0.031$).

암모니아의 사업장 규모별 농도를 보면 50인 이상 100인 미만인 군에서의 공기 중 기하평균농도는 1.07 ppm으로 가장 높았고, 300인 이상 500인 미만의 군에 0.36 ppm으로 가장 낮게 나타났으며 사업장 규모가 클수록 암모니아의 공기 중 농도는 유의하게 감소하였다($p < 0.01$).

포름알데히드의 사업장 규모별 농도를 보면 100인 이상 300인 미만인 군의 공기 중 기하평균농도는 0.42 ppm으로 가장 높았고, 30인 미만인 군에서는 0.14 ppm으로 가장 낮게 나타났다. 그리고 30인 이상 50인 미만, 50인 이상 100인 미만인 군에서 각각 0.14, 0.41 ppm으로 나타나 사업장 규모가 클수록 포름알데히드의 공기 중 기하평균 농도는 유의하게 증가하였다($p < 0.01$).

페놀의 사업장 규모별 농도를 보면 50인 이상 100인 미만인 군에서의 공기 중 기하평균 농도는 0.61 ppm으로 가장 높았고, 30인 이상 50인 미만인 군에서는 0.46 ppm, 30인 미만인 군에서 0.45 ppm으로 가장 낮게 나타났다. 사업장 규모가 클수록 페놀의 공기 중 기하평균 농도는 대체적으로 증가했으나 통계적 유의하지 않았다.

6. 연도별 유해화학물질의 공기 중 농도 수준

황산, 염화수소, 암모니아, 포름알데하이드 그리고 페놀의 연도별 공기 중 농도수준은 표11과 같다. 2001년의 공기 중

Table 9. Continued

unit : ppm, except for Sulfuric acid(mg/m³)

Working process	Sulfuric acid			Hydrogen chloride			Ammonia			Formaldehyde			Phenol		
	n	GM	Range	n	GM	Range	n	GM	Range	n	GM	Range	n	GM	Range
Steel-Plating	95	0.12 (2.04)	0.02 ~0.80	10	0.19 (1.46)	0.13 ~0.35	53	0.52 (2.81)	0.02 ~2.79						
Latex-putting							28	0.50 (3.65)	0.02 ~2.79						
Tanning	64	0.13 (1.89)	0.04 ~1.25				113	0.66 (2.36)	0.08 ~3.41	2	0.13 (1.26)	0.11 ~0.15	1	0.43	
Test, research	1	0.05		1	0.01										
Water treatment	7	0.11 (1.40)	0.06 ~0.15				9	0.47 (3.14)	0.09 ~2.64						
Total	460	0.15 (2.28)	0.02 ~1.44	219	0.32 (2.21)	0.01 ~1.72	468	0.48 (2.60)	0.02 ~3.41	50	0.28 (2.40)	0.02 ~0.99	24	0.46 (1.93)	0.06 ~1.32

() : Geometric standard deviation.

황산의 기하평균농도는 0.23 mg/m³으로 가장 높았고, 1998년에는 0.12 mg/m³으로 가장 낮은 수준을 보였다. 최근 5년 동안의 황산의 연도별 공기 중 기하평균 농도수준은 유의하게 증가하는 양상을 보였다(p<0.01).

연도별 염화수소의 공기 중 기하평균농도는 2000년에 0.40 ppm으로 가장 높았고, 1997년에 0.04 ppm으로 가장 낮게 나

타났다. 최근 5년 동안의 염산의 연도별 공기 중 기하평균 농도수준은 1999년부터 유의하게 감소하는 것으로 나타났다 (p<0.05).

연도별 암모니아의 공기 중 기하평균농도는 1998년에 0.87 ppm으로 가장 높았고, 2000년에 0.23 ppm으로 가장 낮게 나타났다. 최근 5년 동안의 암모니아의 연도별 공기 중 기하

Table 10. Ambient concentration for five chemical substances by size of industry

unit : ppm, except for Sulfuric acid(mg/m³)

No. of Workers	Sulfuric acid			Hydrogen chloride			Ammonia			Formaldehyde			Phenol		
	n	GM	Range	n	GM	Range	n	GM	Range	n	GM	Range	n	GM	Range
< 29	228	0.14	0.02	139	0.29	0.01	151	0.56	0.03	12	0.14	0.07	17	0.45	0.06
		(2.27)	~1.44		(2.23)	~1.71		(2.52)	~3.29		(1.83)	~0.49		(1.99)	~1.32
30 - 49	134	0.17	0.02	30	0.33	0.12	162	0.46	0.02	7	0.14	0.02	5	0.46	0.14
		(2.32)	~1.25		(1.43)	~1.04		(2.81)	~3.41		(2.78)	~2.78		(2.04)	~0.99
50 - 99	19	0.16	0.06	8	0.46	0.19	22	0.66	0.12	23	0.41	0.12	2	0.61	0.59
		(1.86)	~0.52		(1.89)	~1.81		(2.11)	~2.79		(1.54)	~0.99		(1.03)	~0.62
100 - 299	65	0.18	0.03	42	0.43	0.05	123	0.38	0.04	8	0.42	0.11			
		(2.32)	~0.90		(2.33)	~1.45		(2.42)	~2.94		(2.15)	~0.91			
300 - 499	14	0.21	0.06				8	0.36	0.14						
		(2.26)	~1.09					(1.97)	~1.09						
500 - 999							2	1.06							
Total	460	0.15	0.02	219	0.32	0.0067	468	0.48	0.02	50	0.28	0.02	24	0.45	0.06
		(2.28)	~1.44		(2.2)	~1.7119		(2.60)	~3.41		(2.39)	~0.99		(1.92)	~1.32

() : Geometric standard deviation.

Table 11. Ambient concentration for five chemical substances by year

unit : ppm, except for Sulfuric acid(mg/m³)

Year	Sulfuric acid			Hydrogen chloride			Ammonia			Formaldehyde			Phenol		
	n	GM	Range	n	GM	Range	n	GM	Range	n	GM	Range	n	GM	Range
1997	63	0.11	0.02	13	0.04	0.037	87	0.75	0.06	15	0.34	0.09	7	0.79	0.04
		(2.10)	~0.80		(2.49)	~1.78		(2.11)	~2.95		(2.12)	~0.78		(1.15)	~1.43
1998	79	0.08	0.02	36	0.23	0.01	78	0.86	0.18	4	0.09	0.07	6	0.31	0.05
		(1.79)	~1.25		(2.71)	~1.14		(1.89)	~3.41		(1.38)	~0.13		(1.48)	~0.86
1999	90	0.12	0.02	49	0.27	0.04	96	0.76	0.10	6	0.33	0.09	4	0.55	0.27
		(2.21)	~1.44		(2.08)	~1.53		(2.11)	~3.29		(3.08)	~0.99		(1.93)	~1.32
2000	100	0.23	0.05	64	0.39	0.09	95	0.23	0.02	9	0.33	0.02	4	0.55	0.51
		(2.14)	~1.41		(1.96)	~1.24		(2.55)	~1.50		(3.36)	~0.91		(1.06)	~0.58
2001	128	0.23	0.06	57	0.30	0.06	112	0.27	0.03	16	0.25	0.10	4	0.48	0.14
		(1.96)	~0.91		(1.87)	~1.40		(2.10)	~1.34		(1.81)	~0.55		(2.31)	~0.99
Total	460	0.15	0.02	219	0.32	0.01	468	0.48	0.02	50	0.28	0.02	25	0.46	0.05
		(2.28)	~1.44		(2.21)	~1.71		(2.60)	~3.41		(2.40)	~0.89		(1.92)	~1.32

() : Geometric standard deviation.

평균 농도수준의 추세는 2000년 전후의 농도변화가 크며 유의하게 감소하는 양상을 보였다($p < 0.01$).

연도별 포름알데히드의 공기 중 기하평균농도는 1997년에 0.34 ppm으로 가장 높았고, 1998년에 0.09 ppm으로 가장 낮게 나타났다. 1998년 전후의 공기 중 포름알데히드의 농도변화가 큰 것으로 나타났으며, 최근 5년 동안의 연도별 농도수준은 대체적으로 감소하고 있는 것으로 나타났으나 통계적 유의성은 없었다.

연도별 페놀의 공기 중 기하평균농도는 1997년에 0.79 ppm으로 가장 높았고, 1998년에는 0.31 ppm으로 가장 낮게 나타났다. 1998년을 전후로 공기 중 페놀농도변화가 큰 것으로 나타났으며, 최근 5년 동안의 연도별 농도수준은 대체적으로 감소하고 있는 것으로 나타났으나 통계적 유의성은 없었다.

IV. 고 찰

산업장에서 취급하는 유해화학물질 중에서 발암성 추정물질로 규정된 포름알데히드에 관련된 자료(하명화 등, 1991; Patricia et al., 1994; Laarry et al., 1998; Holmstrom and Wilhelmsson, 1998; Kenneth et al., 2000; David et al., 2001)들은 많지만 피부흡수가 빠른 폐놀 및 눈, 코, 점막 및 상기도 자극을 일으키는 황산, 염산, 암모니아의 직업적 노출에 관련된 자료(Maija, 1991)는 드물며 국내에서는 설비의 보수 또는 누출로 인한 이들 물질의 직접적인 노출로 인한 사고사례(김형길 등, 1988)가 드물게 보고 되고 있으나 이들 물질들에 대한 정확한 발생실태 및 노출농도에 대한 구체적인 자료가 부족한 실정이다. 본 연구에서는 부산시내 일부 공단에서 유해화학물질로 분류된 황산, 염화수소, 암모니아, 포름알데히드, 그리고 페놀을 취급하는 146개 사업장, 12개 업종, 17개 공정을 대상으로 1997년 1월부터 2001년 12월까지 5년 동안 매년 측정된 자료를 바탕으로 업종별, 공정별, 규모별 그리고 연도별로 이들 화학물질의 발생실태와 농도 및 그 노출수준의 변화양상을 파악하였다.

5종의 화학물질이 발생된 업종 수는 총 12개 업종 중 평균 6개였고, 이 중 암모니아가 8개 업종에서 발생하여 가장 많았으며 페놀은 4개 업종으로 가장 적었다. 5종의 화학물질이 모두 발생된 업종은 화합물 및 화학제품 제조업이었고, 업종별 평균 발생수는 3종이었다. 공정별 화학물질의 발생실태를 보면 암모니아가 총 17개 공정 중 13개 공정에서 발생하여 가장 많았고 평균 8개 공정에서 5종의 화학물질이 발생하였다. 5종의 화학물질이 모두 발생된 공정은 배합공정이었고 공정별 화학물질의 평균발생수는 3종으로 나타나 본 연구에 포함된 5종의 화학물질은 업종별, 공정별로 서로 혼재하여 발

생되는 것으로 파악되었다.

업종별 화학물질의 농도수준을 보면 황산은 화합물 및 화학제품 제조업(가구제외)에서 0.40 mg/m^3 으로 가장 높았고, 조립금속제품제조업(가구 및 장비제외), 가죽, 가방, 마구류 및 신발 제조업에서 각각 1개소에서 노출기준(노동부, 2002)을 초과하였다. 염화수소는 제 1차 금속산업에서 0.57 ppm, 암모니아는 고무 및 플라스틱제품 제조업에서 1.11 ppm, 포름알데히드는 목재 및 나무제품 제조업에서 0.49 ppm 그리고 페놀은 화합물 및 화학제품 제조업에서 0.53 ppm으로 가장 높았다. 또한 공정별 화학물질의 농도수준을 보면, 황산은 배합공정에서 0.30 mg/m^3 으로 가장 높게 나타났으며 산처리 세척, 염료염색, 화성표면처리공정의 1개소에서 각각 노출기준(노동부, 2002)을 초과하였다. 염화수소는 염료염색 공정에서 0.49 ppm, 암모니아는 금속연마공정에서 0.94 ppm 그리고 페놀은 배합공정에서 0.55 ppm으로 가장 높았다. 포름알데히드는 혼합공정에서 0.53 ppm으로 가장 높았으며 접착, 열처리, 혼합공정의 1개소에서 각각 노출기준(노동부, 2002)을 초과한 것으로 나타났다. 한편 김(김정호, 1998)이 1996년 1월에서 1997년 12월까지 2년 동안 부산시내 일부 화학물질 취급 사업장을 대상으로 조사한 결과에 의하면, 황산은 9개 공정에서 발생하였고, 가죽, 가방, 마구류 및 신발 제조업에서 0.49 mg/m^3 으로 가장 높았고, 염산은 조립금속제품 제조업에서 1.08 ppm, 암모니아는 의복 및 모피제품 제조업에서 2.79 ppm, 포름알데히드는 목재 및 나무제품 제조업(가구제외)에서 0.41 ppm, 그리고 페놀은 비금속 광물 제조업에서 0.21 ppm이 발생하였다고 보고하였다. 또한 공정별 화학물질의 발생농도를 보면 황산 및 염산은 산세척 또는 수세공정에서 각각 1.40 mg/m^3 , 1.30 ppm으로 가장 높았고, 암모니아는 코팅공정에서 4.92 ppm, 포름알데히드는 프레스공정에서 0.48 ppm, 그리고 페놀은 배합공정에서 0.24 ppm으로 발생하였다고 보고하였다. 그리고 우리나라 중소기업 도금공정 근로자의 크롬 및 세척제 폭로에 관한 백 등(1993)의 연구에 의하면 도금공정에서의 황산농도 수준은 $0.04 \sim 3.08 \text{ mg/m}^3$ 으로 보고하였는데, 본 연구의 결과에서는 포름알데히드의 업종별 공정별 농도는 유사한 수준이나 황산, 염산, 암모니아는 대체적으로 낮은 농도수준을 보였다. 이는 IMF(International Monetary Fund)시기를 전후로 한 기업 환경의 급변으로 인한 외생적 요인이 작용한 것으로 생각되나 보다 정확한 연유를 밝히기 위하여 추후 보완 연구가 필요한 것으로 판단된다.

사업장 규모별 5가지 화학물질의 농도 수준을 살펴보면, 황산은 300인 이상 500의 규모에서 0.21 mg/m^3 , 염화수소, 암모니아 및 페놀은 50인 이상 100인 미만의 규모에서 각각 0.46, 1.07, 0.61 ppm, 그리고 포름알데히드는 100인 이상 300인 미만의 규모에서 0.42 ppm으로 가장 높게 발생하여 암모

니아를 제외한 4종의 화학물질의 농도는 사업장 규모가 커질수록 증가하였다. 규모가 커질수록 암모니아의 농도가 낮아지는 것은 음식료품의 냉동 및 저장을 위해 암모니아를 냉매로 취급하는 업종이 대규모이며, 단위공정의 특성상 냉매는 조정실에서 관리되므로 암모니아의 공기 중 노출수준이 낮아지는 것으로 생각된다. 음식료품 제조업종이 산업보건에서 중요한 의미를 지니는 것은 설비의 보수 또는 파열로 인한 고농도의 암모니아누출(임현우 등, 1991)의 위험성이 높다는 점이다. 본 연구에서의 특징적인 것은 암모니아를 제외한 나머지 4종의 화학물질의 공기 중 농도는 규모가 커질수록 대체적으로 증가한다는 것이다. 이것은 사업장 규모가 커질수록 한 공장 내에 산재한 공정수가 많아지고 유해인자의 발생원이 증가하여 작업환경이 더욱 열악해 지는 것에 기인한다고 보이므로 같은 업종과 공정이라 하더라도 규모에 따른 작업환경관리가 중요한 요소라고 판단된다.

1997년 이후부터 2001년까지 5년 동안 조사한 5종의 화학물질에 대한 경시적 농도변화를 살펴보면, 포름알데히드와 페놀은 1997년에 0.34, 0.79 ppm으로 가장 높았고 대체적으로 비슷한 수준으로 감소하는 경향을 보였다. 암모니아는 1998년에 0.87 ppm으로 가장 높았고 유의하게 감소하는 추세를 보였다. 그러나 황산은 2001년에 0.23 mg/m³, 염화수소는 2000년에 0.40 ppm으로 가장 높아 이들 두 물질은 비슷한 양상을 보이며 유의하게 증가하였다. 따라서 본 연구에 의하면 황산과 염산은 비슷한 양상으로 증가하였고, 포름알데히드와 페놀은 비슷한 양상으로 감소하는 추세를 보였으며 암모니아는 지속적으로 감소하는 것으로 밝혀졌다. 따라서 황산, 염화수소, 암모니아, 포름알데히드 그리고 페놀은 업종별, 공정별로 서로 혼재하여 발생되며 사업장의 규모와 연도별 발생농도의 변화추세가 각기 다르게 나타남을 알 수 있었으며 이러한 변화는 각 산업장의 생산품의 생산량, 또는 구조적 변화 등에 기인된 것으로 사료될 수 있으나 보다 정확한 연유를 파악하기 위하여서는 추후 보완 연구가 필요할 것으로 판단된다. 한편 본연구는 5년간의 작업환경 측정자료를 분석한 것으로서 매년 조사된 작업장 및 작업 공정이 동일한 대상이 아닌 것도 포함되어 있어 같은 조건으로 해석할 수 없다는 것과 2001년까지의 농도 변화를 관찰하였으므로 최근의 경향을 알 수 없다는 제한점이 있다.

V. 결론

유해화학물질 중에서 황산, 염화수소, 암모니아, 포름알데히드, 그리고 페놀에 대한 업종별, 공정별, 규모별, 연도별로 노출실태와 농도 및 그 노출수준의 변화양상을 파악하기 위

하여 실시하였고, 그 결과는 다음과 같다.

1. 5종의 유해화학물질이 모두 발생된 업종 및 공정은 화합물 및 화학제품 제조업 및 배합공정이었으며, 업종별 공정별 화학물질의 발생수는 암모니아가 8개 업종, 13개 공정으로 가장 많았다.

2. 업종별 공정별 유해화학물질의 평균농도는 황산의 경우 화합물 및 화학제품제조업(가구제외)과 배합공정에서(0.40 mg/m³와 0.30 mg/m³), 염화수소의 경우 제 1차 금속산업과 염료 염색 공정에서(0.57 ppm과 0.48 ppm), 암모니아의 경우 고무 및 플라스틱 제품 제조업과 금속연마공정에서 (1.11 ppm과 0.94 ppm), 포름알데히드의 경우 목재 및 나무제품 제조업(가구제외)과 혼합공정에서 (0.53 ppm과 0.49 ppm), 그리고 페놀의 경우 화합물 및 화학제품 제조업(가구제외)과 배합공정에서 (0.53 ppm과 0.55 ppm) 다른 공정에 비해 유의하게 높았다(p<0.005).

3. 사업장 규모별 유해화학물질의 평균발생농도는 50인 이상 100인 미만인 규모에서 암모니아(1.07 ppm), 염화수소(0.46 ppm), 페놀(0.61 ppm), 100인 이상 300인 미만인 규모에서는 포름알데히드(0.42 ppm), 300인 이상 500인 미만인 규모에서는 황산(0.21 mg/m³)이 다른 규모에 비하여 유의하게 높았다(p<0.05).

4. 연도별 유해화학물질의 공기 중 농도변화 양상을 보면, 황산은 연도별로 유의하게 증가하는 양상을 보였고(p<0.01). 염화수소와 암모니아는 연도별로 유의하게 감소하는 양상을 보였다 (p<0.01).

이상의 결과로 황산, 염산, 암모니아, 포름알데하이드 및 페놀은 물질간 서로 혼재하여 발생되고 있으며, 업종별, 공정별, 규모별 그리고 연도별로 공기 중 농도변화 폭이 크게 나타남을 알 수 있으므로 이들 자료를 토대로 보다 체계적인 작업환경 관리가 요망된다.

REFERENCES

- 강성규. 통계로 본 우리나라의 직업병의 현황과 문제점. 한국 산업안전공단. 1999.
 부산지역 일부 제조업 산업장의 작업공정별 공기 중 특정화학물질의 농도. 인제대학교 보건대학원 1998.
 김형길, 한광협, 이상인, 최홍재, 노성훈, 박광화, 등. 염산에 의한 부식성위염 1예. 대한소화 기내시경학회잡지 1988;8:19-23.
 노동부. 근로자 건강진단실시 결과. 1990-1999.

- 노동부. 산업안전국. 연도별 산업재해 요인분석. 2001. 산업재해분석. 1990-1999.
- 노동부. 화학물질 및 물리적인자의 노출기준, 노동부고시 제 2002-8호. 2002.
- 산업보건연구원. 유해물질 측정을 위한 공정시험방법에 관한 연구. 1991. p. 259.
- 산업보건연구원. 유해물질 측정을 위한 공정시험방법에 관한 연구. 1991. p. 287.
- 이규태. 포름알데하이드에 노출된 근로자들의 자각증상에 관한 연구. 서울:연세대학교 보건대학원, 1993.
- 이윤근. 우리나라 직업성 질환의 발생현황과 특성, 노동환경건강연구소. 1999.
- 임현우, 임영, 윤임중, 오민화. 암모니아 가스 폭로후에 발생한 폐 · 섬유화증1 예. 대한상업의학회지. 1991;3:227-34.
- 장미, 김현옥. 농동포집과 확산포집법에 의한 일부합판제조업의 공정별 포름알 데하이드 농도비교. 한국산업위생학회지 1996;6:17-27
- 통계청. 한국표준산업분류. 2000. (1~188쪽.)
- 환경부. 대기오염 · 소음 · 진동 공정시험법. 서울:동화기술. 1992. p. 33-197.
- 하명화, 김두희, 임현술, 박상후. 목재 가공업소에서의 Formaldehyde 폭로. 예방의학회지. 1991;24:37-44
- ACGIH. Air Sampling Instruments. 7th ed. Cincinnati. Ohio; 1989.
- American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). TLVs[®]fi and BEIs[®]fi. ACGIH 2005.
- American Conference of Governmental Industrial Hygienists, TLVs, Threshold limit Values for Chemical Substances in Workroom Air Adopted by ACGIH for 1992-1993.
- APHA. Methods of Air Sampling and Analysis. 2nd ed. No. 801.
- Clayton GD, Clayton EF, editors. Petty's Industrial Hygiene and Toxicology, 4th ed. New York: A Wiley-Interscience press; 1995. p. 205-15
- Clayton GD, Clayton EF, editors. Petty's Industrial Hygiene and Toxicology, 4th ed. New York: A Wiley-Interscience press; 1995. p. 4487-503
- David W, Hiipakka Kevin. S. Dyrdaahl, Miguel Garcia, Cardenas. Suddessful Reduction of Morticians' Exposure to Formaldehyde during Embalming Procedures. AIHA J 2001;62:689-96
- H. Zangger, in Lehrbuch der Toxikologie, F. Flury and H. Zangger, Eds., springer, Berlin, 1928 : Occupational and Health International labor office, Genova, 1934.
- NIOSH : NIOSH Manual of Analytical Methods. Method 2546. 2005, Available from: <http://www.cdc.gov/niosh/nman/nmammenu.htm>:
- Kenneth Chong KY, Johe Cuthbert R, REVELL GS, WASSEL SG, Nick summer. A study on Dust Emission, Particle Size Distribution and Formaldehyde Concentration During Machining of Medium Density Fiberboard. Ann. occup. Hyg 2000;44:455-66
- Laary W, Figgs, Patricia A. Stewart, Aaron Blair. The Impact of Initial Job Assignment of Formaldehyde Exposure Among African-American and White Formaldehyde Industry Workers. American Journal of Industrial Medicine 1998;34:57-64
- Maija. Occurrence of periodontal pockets and oral soft tissue lesions in relation to sulfuric acid fumes in the working environment. Acta odontol Scand 1991;49:261-66
- Holmstrom Mats, Wilhelmsson Bo. Respiratory symptoms and pathophysiological effects of occupational exposure to formaldehyde and wood dust. Scand. J. work Environ. Health 1988;14:306-11
- National Research Council, National Academy of Sciences. Committee of Aldehydes, Board on Toxicology and Environmental Health Hazards. Washington, D. C : National academy press, 1981.
- Patricia A. Stewart, Aaron Blair. Woman in the Formaldehyde Industry: Their Exposure and Their Jobs. the Environmental Epidemiology Branch, National Cancer Institute, Rockivile, Maryland 1994:918-23
- Rafael E, de la Hoz, et al. Chronic lung disease secondary to ammonia inhalation injury : A report on the cases. New York : A Wiley-Interscience press; 1996.
- William E. Toxic tips : Ammonia; Chemical Health & Safety. Luttrell 2002. p. 1-2