

석사학위논문

우리나라 작업장의 벤젠, 톨루엔 및
크실렌의 노출특성에 관한 연구

- 2012~2016년 작업환경 측정자료 분석을 중심으로 -

2018 년

한성대학교 대학원
기계시스템공학과
산업위생공학전공
윤 형 진

석사학위논문
지도교수 박두용

우리나라 작업장의 벤젠, 톨루엔 및 크실렌의 노출특성에 관한 연구

- 2012~2016년 작업환경 측정자료 분석을 중심으로 -

A Study on Characteristics of Workers' Exposure to Benzene,
Toluene and Xylene based on annual workplace measurement data
for 2012~2016

2017 년 12 월 일

한성대학교 대학원
기계시스템공학과
산업위생공학전공
윤 형 진

석사학위논문
지도교수 박두용

우리나라 작업장의 벤젠, 톨루엔 및 크실렌의 노출특성에 관한 연구

- 2012~2016년 작업환경 측정자료 분석을 중심으로 -

A Study on Characteristics of Workers' Exposure to Benzene,
Toluene and Xylene based on annual workplace measurement data
for 2012~2016

위 논문을 공학 석사학위 논문으로 제출함

2017 년 12 월 일

한성대학교 대학원
기계시스템공학과
산업위생공학전공
윤 형 진

국 문 초 록

우리나라 작업장의 벤젠, 톨루엔 및 크실렌의 노출특성에 관한 연구

- 2012~2016년 작업환경 측정자료 분석을 중심으로 -

한성대학교 대학원
기계시스템공학과
산업위생공학전공
윤 형 진

우리나라 측정기관에서 2012년부터 2016년까지의 측정한 벤젠, 톨루엔 및 크실렌의 작업환경측정 자료를 분석하였다.

벤젠의 5년간 측정건수는 27,013건이었으며, 3,958건(14.7%)의 시료에서 벤젠이 정량된 것으로 나타났다. 정량된 벤젠 측정건수는 2012년부터 2016년까지 각각 682건, 695건, 862건, 916건, 803건이었고 5년간 91건(2.3%)이 노출기준을 초과하였다. 벤젠의 산술평균은 0.12 ppm, 표준편차는 0.193 ppm이었고, 기하평균은 0.047 ppm, 기하표준편차는 4.87이었다.

톨루엔의 5년간 측정건수는 323,526건이었으며, 이 중에서 191,482건(59.2%)의 시료에서 톨루엔이 정량되었다. 정량적으로 측정된 측정치의 5년간 산술평균은 3.23 ppm, 표준편차는 6.76 ppm이었고, 기하평균은 0.75 ppm, 기하표준편차는 6.68이었다.

크실렌의 5년간 측정건수는 243,058건이었으며, 이 중에서 113,365건(46.6%)의 시료에서 정량적으로 검출되었다. 5년간 노출기준을 초과한 건수

는 218건으로 정량된 측정건수의 0.19%에 불과하였다. 크실렌이 정량적으로 측정된 측정치의 5년간 산술평균은 3.12 ppm, 표준편차는 11.86 ppm이었고, 기하평균은 0.61 ppm, 기하표준편차는 6.82이었다.

【주요어】 벤젠, 톨루엔, 크실렌 근로자 노출, 작업환경측정결과.

목 차

제 1 장 서 론	1
제 1 절 연구의 배경 및 목적	1
제 2 장 대상선정 및 연구방법	2
제 1 절 연구대상	2
제 2 절 연구방법	2
1) 작업환경측정결과와 취합 및 DB화	2
2) 분석방법	2
제 3 장 연구결과 및 고찰	3
제 1 절 총괄	3
1) 벤젠, 톨루엔 및 크실렌의 작업환경 측정건수	3
2) 벤젠, 톨루엔 및 크실렌의 노출수준	5
제 2 절 벤젠(Benzene)	6
1) 업종별 노출수준 및 특성	6
2) 제조업에 대한 세부 분류별 노출수준 및 특성	10
3) 특정공정의 노출특성	15
4) 규모별 노출수준 및 특성	16
5) 일정규모에 대한 세부 노출특성	18
6) 규모별 노출기준에 대한 특성	20

제 3 절 톨루엔(Toluene)	22
1) 업종별 노출수준 및 특성	22
2) 제조업에 대한 세부분류별 노출수준 및 특성	25
3) 특정공정의 노출특성	33
4) 규모별 노출수준 및 특성	35
5) 일정규모에 대한 세부 노출특성	36
6) 규모별 노출기준에 대한 특성	39
제 4 절 크실렌(Xylene)	41
1) 업종별 노출수준 및 특성	41
2) 제조업에 대한 세부분류별 노출수준 및 특성	44
3) 특정공정의 노출특성	51
4) 규모별 노출수준 및 특성	54
5) 일정규모에 대한 세부 노출특성	55
6) 규모별 노출기준에 대한 특성	58
제 4 장 결 론	59
참 고 문 헌	61
ABSTRACT	62

표 목 차

〈표 1〉 벤젠, 톨루엔 및 크실렌 작업환경 측정건수 및 검출건수	4
〈표 2〉 벤젠, 톨루엔 및 크실렌의 노출기준에 대한 노출수준	6
〈표 3〉 업종별 노출수준 및 특성	8
〈표 4〉 제조업 세부 노출수준 및 특성	10
〈표 5〉 특정공정의 업종/규모별 노출특성	15
〈표 6〉 규모별 노출수준 및 특성	17
〈표 7〉 일정규모(10명~49명)에 대한 세부 노출특성	18
〈표 8〉 규모별 노출기준(50%이상)에 대한 특성	21
〈표 9〉 업종별 노출수준 및 특성	24
〈표 10〉 제조업 세부 노출수준 및 특성	26
〈표 11〉 특정공정의 업종/규모별 노출특성	33
〈표 12〉 규모별 노출수준 및 특성	36
〈표 13〉 일정규모(10명~49명)에 대한 세부 노출특성	37
〈표 14〉 규모별 노출기준(50%이상)에 대한 특성	40
〈표 15〉 업종별 노출수준 및 특성	43
〈표 16〉 제조업 세부 노출수준 및 특성	45
〈표 17〉 특정공정의 업종/규모별 노출특성	52
〈표 18〉 규모별 노출수준 및 특성	54
〈표 19〉 일정규모(10명~49명)에 대한 세부 노출특성	56
〈표 20〉 규모별 노출기준(50%이상)에 대한 특성	58

그 립 목 차

[그림 1] 벤젠, 톨루엔, 크실렌의 측정건수 및 검출건수.	3
[그림 2] 벤젠의 업종별 측정건수.	7
[그림 3] 톨루엔의 업종별 측정건수.	23
[그림 4] 크실렌의 업종별 측정건수.	42

제 1 장 서 론

제 1 절 연구의 배경 및 목적

최근 과거 유기화합물에 노출된 근로자가 백혈병 등 만성 직업병에 이환된 후 직업병으로 인한 산재보상을 신청하는 사례가 늘고 있다. 직업병에 경우, 노출과 질병간 긴 잠복기가 있으므로 인과관계가 명확하지 않아 산재보상위원회에서 역학조사를 의뢰하는 경우가 많다. 역학조사에서 가장 기초적인 작업이 과거 노출농도의 추정인데, 이것이 가장 어려운 작업이다.

한편 우리나라에서는 법적 의무사항으로 산업안전보건법 제42조 및 시행규칙 제93조에서 작업환경측정 대상물질에 대해 연 1~2회 작업환경측정을 실시하도록 규정하고 있다. 이 제도는 1992년 작업환경측정제도(노동부고시 제92-17호)가 도입된 이후 26년간 시행되고 있다. 따라서 189종 작업환경측정 대상물질의 경우에는 매해 측정결과가 쌓이면서 작업환경관리 및 역학조사 등의 쓰임새가 충분히 있다고 볼 수 있다.

한편, 이러한 작업환경측정 결과는 2009년 전산입력을 시작으로 2012년부터 의무적으로 전국 모든 작업환경측정기관으로부터 일괄 양식으로 전산 보고되고 있으며, 그 기록이 보관되어 있어 과거 노출 추정에 활용이 가능하다. 그러나 과거노출 추정에 활용하기 위해서는 업종, 공정, 시기, 사업장 규모 등 사업장 조건 및 특성별로 자료분석과 측정결과치의 분포특성, 산술평균 및 산술표준편차 그리고 기하평균과 기하표준편차 등 통계량을 분석하고 이러한 통계량을 제공하여야 한다.

본 연구는 2012년부터 2016년까지 대표적인 방향족 유기화합물인 벤젠, 톨루엔 및 크실렌의 작업환경 측정결과를 사업장 및 업종 등 특성별로 통계분석을 실시하고, 사업장의 특성요인(규모, 근로자수, 업종, 공정)간 상관관계 등의 특성을 파악하고자 한다.

제 2 장 대상선정 및 연구방법

제 1 절 연구대상

본 연구는 산업안전보건법 제42조와 동법 제97에 의거하여 매년 1회~2회 정기적으로 실시하고 있는 작업환경측정 결과 중 대표적인 방향족 유기화합물인 벤젠, 톨루엔 및 크실렌을 대상으로 하였고, 측정결과 중에 검출되지 않는 시료(불검출)에 대해서는 제외하였다.

제 2 절 연구방법

1) 작업환경측정결과의 취합 및 DB화

전산으로 구축된 2012년부터 2016년까지 전국 측정기관에서 실시한 작업환경 측정 결과를 고용노동부에서 정보공개를 통해 사업장개요(사업장명, 주소, 연락처 등), 작업자, 측정지점, 분석방법 등을 제외하고 받아 연도, 업종, 규모, 공정 등을 재입력하여 분석할 자료를 정리하였다.

2) 분석방법

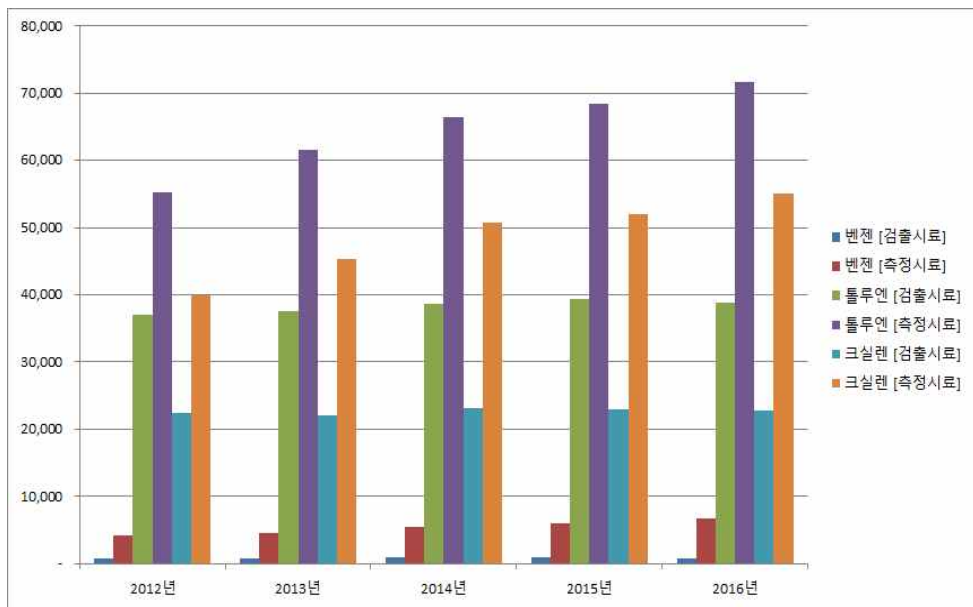
대표적인 방향족 유기화합물인 벤젠, 톨루엔 및 크실렌을 물질별 총 측정건수와 검출과 불검출된 시료로 구분하였고, 검출된 시료에 한해 업종, 공정, 시기, 사업장 규모 등 사업장 조건 및 특성별로 자료 분석과 측정결과치의 분포특성, 산술평균 및 산술표준편차 그리고 기하평균과 기하표준편차의 통계량을 분석하였다.

제 3 장 연구결과 및 고찰

제 1 절 총괄

1) 벤젠, 톨루엔 및 크실렌의 작업환경 측정건수

본 연구는 전국 작업환경 측정기관에서 2012년부터 2016년까지 실시한 벤젠, 톨루엔 및 크실렌에 대한 작업환경측정 결과자료를 취합한 결과, 벤젠이 27,013건, 톨루엔은 132,044건 그리고 크실렌은 129,693건으로 나타났다. 총 작업환경 측정건수 및 검출건수는 [그림 1] 및 <표 1>과 같다.



[그림 1] 벤젠, 톨루엔, 크실렌의 측정건수 및 검출건수.

〈표 1〉 벤젠, 톨루엔 및 크실렌의 작업환경 측정건수 및 검출건수

측정 연도	화학물질별 분류									
	벤젠			톨루엔			크실렌			계
	정량	불검출	합계	정량	불검출	합계	정량	불검출	합계	
2012년	682	3,491	4,173	37,067	18,199	55,266	22,446	17,379	39,825	99,264
2013년	695	3,940	4,635	37,636	23,993	61,629	22,118	23,235	45,353	111,617
2014년	862	4,668	5,530	38,667	27,823	66,490	23,109	27,717	50,826	122,846
2015년	916	5,108	6,024	39,281	29,216	68,497	22,988	29,056	52,044	126,565
2016년	803	5,848	6,651	38,831	32,813	71,644	22,704	32,306	55,010	133,305
총계	3,958	23,055	27,013	191,482	132,044	323,526	113,365	129,693	243,058	593,597

불검출 측정건수는 284,792건, 횡수조정 및 공정폐쇄, 기타 측정치 없음 등이 3,467건으로 나타났으며, 여기서 불검출된 측정 건수의 비율은 전체 측정 건수 중 48%를 차지하였다, 이는 작업환경 측정시 작업량을 줄이거나, 측정자를 타부서에 배치하는 등의 인위적 방법으로 불검출을 유도하였거나, 산업안전보건법상 법적 측정대상 물질을 소량이라도 사용한다면, 법적으로 측정을 실시해야 하므로 무조건적으로 측정을 실시하는 등에 여러 가지 원인으로 발생한 결과로 추정된다. 따라서 좀 더 현실적이고 전략적으로 측정할 수 있는 효율적인 측정기준이 필요할 것으로 보인다. 또한, 기타 측정치 없음이 나타난 요인은 2012년도에 안전보건공단에서 측정기관에서 작성된 보고서를 받는 대신 강제적으로 처음으로 프로그램을 이용하여 전산으로 일괄양식으로 회신을 받았는데, 이때 프로그램상의 누락 및 보고서 송부 등의 문제 등으로 볼 수 있다.

한편 년도별 측정건수를 살펴보면 12년도 99,264건, 13년도 111,617건, 14년도 122,846건, 15년도 126,565건, 16년도 133,305건으로 점차적으로 측정건수가 늘어나고 있는 실정이다.

2) 벤젠, 톨루엔 및 크실렌의 노출수준

전체 측정건수는 593,597건에서 노출기준을 초과한 건수는 647건으로 나타났다. 유기화합물의 종류별로 살펴보면, 벤젠의 경우 노출기준(0.5 ppm) 50%미만 26,464건, 50%~99% 458건, 100%~199% 78건, 노출기준 2배초과가 13건으로 나타났다. 또한 톨루엔 노출기준(50 ppm) 50%미만 320,096건, 50%~99% 3,092건, 100%~199% 304건, 노출기준 2배 초과 34건으로 나타났고, 크실렌의 경우에는 노출기준(100 ppm) 50%미만 242,244건, 50%~99% 4596, 100%~199% 161건, 노출기준 2배 초과가 57건으로 나타났다(<표 2>).

물론 노출기준을 초과한 647건에 대해서는 적절한 작업환경개선을 통해 시정을 해야 하는 상황이고, 노출기준을 초과하지 않았지만 50%를 넘는 건수에 대해서도 차후 적절한 대책이 시행되어야 한다고 보여진다. 이는 노출기준이 미만이라고 개인의 감수성 및 노출시간, 급성노출 등에 따라 작업자들의 모두 안전하다고 볼 수 없기 때문에 노출기준초과 건수와 같이 적절한 안전보건대책이 병행되어야 할 것이다.

〈표 2〉 벤젠, 톨루엔 및 크실렌의 노출기준에 대한 노출수준

구분	노출기준 (TWA)	<50%	50%~99%	100%~199%	>200%	max
벤젠	0.5 ppm	26,464	458	78	13	4.44
톨루엔	50 ppm	320,096	3,092	304	34	312.36
크실렌	100 ppm	242,244	596	161	57	739.62
총계		588,804	4,146	543	104	

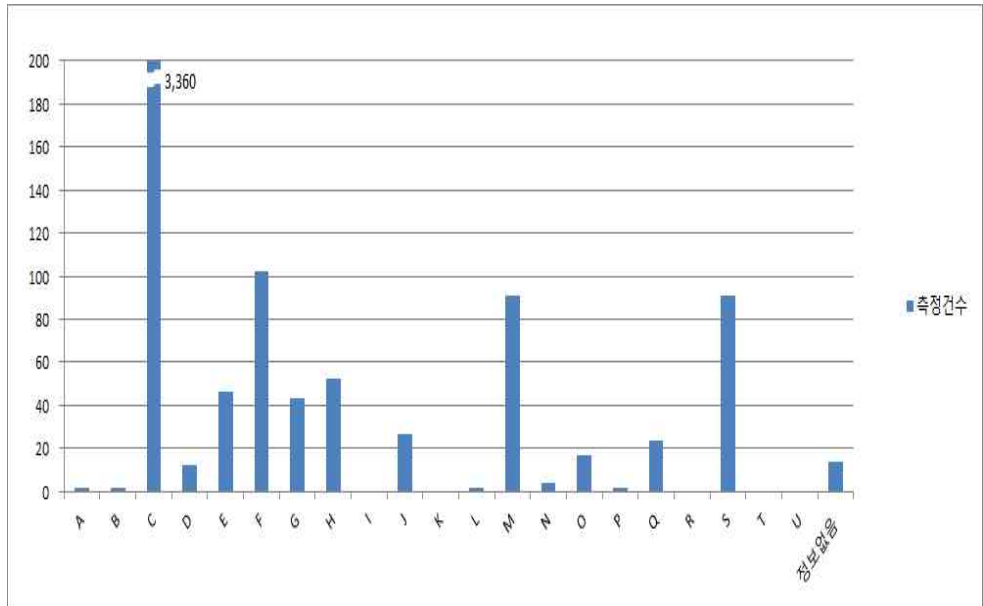
제 2 절 벤젠

1) 업종별 노출수준 및 특성

전체 측정건수는 593,597건에서 벤젠의 경우, 27,013건을 차지하고 있으며, 불검출 건수 23,055건, 흔적(Trace) 건수 67건을 제외한 3,958건의 정량된 시료를 통계청 한국표준산업분류(KSIC) 따라 업종별 측정건수 및 평균, 최소 및 최대값 등으로 구분하였다([그림 2] 및 〈표 3〉).

가장 많이 측정된 업종은 제조업으로, 전체 측정건수 3,891건 중 86.4%(3,360건)에 해당하며, 건설업 102건, 전문, 과학 및 기술서비스업 91건 순으로 나타났다.

검출된 시료 중 산술평균이 가장 높은 업종은 공공행정, 국방 및 사회보장 행정으로 0.30 ppm 나타났으며, 부동산업 및 임대업 0.25 ppm, 협회 및 단체, 수리 및 기타 개인서비스업 0.23 ppm 순으로 나타났다. 또한 기하평균은 부동산업 및 임대업 0.18 ppm, 공공행정, 국방 및 사회보장 행정 0.17 ppm, 전기, 가스, 증기 및 수도사업 0.14 ppm 순으로 나타났다.



[그림 2] 벤젠의 업종별 측정건수.

※ 통계청 한국표준산업분류(KSIC)

A[농업, 임업 및 어업] B[광업] C[제조업] D[전기, 가스, 증기 및 수도사업] E[하수
폐기물 처리, 원료재생 및 환경복원업] F[건설업] G[도매 및 소매업] H[운수업] I[숙박 및 음식점
업] J[출판, 영상, 방송통신 및 정보서비스업] L[부동산업 및 임대업] M[전문, 과학 및 기술서비스
업] N[사업시설관리 및 사업지원 서비스업] O[공공행정, 국방 및 사회보장 행정] P[교육서비스
업] Q[보건업 및 사회복지 서비스업] R[예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업] S[협회 및 단체, 수리 및
기타 개인서비스업] T[가구내 고용활동 및 달리 분류되지 않은 자가소비] U[국제 및 외국기관]

〈표 3〉 업종별 노출수준 및 특성

	대분류	N	AM	SD	GM	GSD	min	max
A	농업, 임업 및 어업	2	0.01	0.01	0.01	1.46	0.01	0.02
B	광업	2	0.12	0.12	0.01	1.12	0.11	0.13
C	제조업	3,360	0.12	0.04	0.18	4.99	0.00	3.10
D	전기, 가스, 증기 및 수도사업	12	0.17	0.14	0.10	1.84	0.05	0.36
E	하수·폐기물 처리, 원료재생 및 환경복원업	46	0.10	0.06	0.10	3.06	0.00	0.54
F	건설업	102	0.07	0.04	0.08	3.41	0.00	0.48
G	도매 및 소매업	43	0.09	0.07	0.07	2.75	0.00	0.38
H	운수업	52	0.15	0.06	0.24	4.74	0.00	1.54
I	숙박 및 음식점업	-	-	-	-	-	-	-
J	출판, 영상, 방송통신 및 정보서비스업	27	0.12	0.06	0.14	4.19	0.00	0.50
K	금융 및 보험업	-	-	-	-	-	-	-
L	부동산업 및 임대업	2	0.25	0.18	0.24	3.28	0.08	0.42

〈표 3〉 계속

	대분류	N	AM	SD	GM	GSD	min	max
M	전문, 과학 및 기술서비스업	91	0.11	0.06	0.11	3.88	0.00	0.52
N	사업시설관리 및 사업지원 서비스업	4	0.15	0.12	0.11	1.96	0.06	0.31
O	공공행정, 국방 및 사회보장 행정	17	0.30	0.17	0.28	4.12	0.00	0.77
P	교육서비스	2	0.02	0.02	0.00	1.17	0.02	0.02
Q	보건업 및 사회복지 서비스업	24	0.17	0.11	0.12	2.96	0.01	0.40
R	예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업	-	-	-	-	-	-	-
S	협회 및 단체, 수리 및 기타 개인서비스업	91	0.23	0.07	0.59	4.65	0.00	4.44
T	가구내고용활동 및달리분류되지 않은 자가소비	-	-	-	-	-	-	-
U	국제 및 외국기관	-	-	-	-	-	-	-
-	정보없음	14	0.06	0.01	0.12	7.66	0.00	0.46
	총계	3,891	0.12	0.19	0.05	4.87	0.00	4.44

2) 제조업에 대한 세부 분류별 노출수준 및 특성

〈표 3〉와 같이 전체 업종 중 가장 많은 측정건수의 업종은 제조업이다. 이는 벤젠 총 측정건수 3,891건 중 86.4%(3,360건)에 해당하며, 제조업에 대해 세부 분류별로 구분하였다(〈표 4〉).

가장 많이 측정이 된 업종은(소분류) 기초 화학물질 제조업으로 682건 나타났으며, 1차 철강 제조업 563건, 합성고무 및 플라스틱 물질 제조업 378건 순으로 나타났다. 여기서 기초 화학물질 제조업과 합성고무 및 플라스틱 물질 제조업은 벤젠, 톨루엔 및 크실렌을 원료로 제품을 제조하는 데 사용되어지고, 1차 철강 제조업의 경우는 철을 제조할 때 원료에 성분 및 조합을 맞추기 위해 투입되는 유기화합물로, 필수요소이므로 가장 많은 나타난 것으로 보여 진다.

검출된 시료 중 산술평균이 가장 높은 업종(소분류)은 펄프, 종이 및 판지 제조업으로 0.42 ppm이 나타났으며, 섬유제품 염색, 정리 및 마무리 가공업 0.36 ppm, 제재 및 목재 가공업 0.29 ppm 순으로 나타났다. 또한 기하평균이 가장 높은 업종(소분류)은 섬유제품 염색, 정리 및 마무리 가공업으로 0.19 ppm이 나타났으며, 그 뒤로 목재 가공업 0.17 ppm, 고무제품 제조업 0.17 ppm 순으로 나타났다.

산술평균이 가장 높은 펄프, 종이 및 판지 제조업의 경우에는, 대상 사업장에서 너무 적은 시료(n=3)가 측정되었기 때문으로 보여 지며, 또한 환경 및 업종자체가 완전히 틀린 각각 다른 사업장에 측정결과를 취합한 것이므로 기하표준편차 값이 대부분 높은 것으로 추정된다.

〈표 4〉 제조업 세부 노출수준 및 특성

대분류	중분류	소분류	N	AM	SD	GM	GSD	min	max
C	제조업	1차 금속	7	0.17	0.11	0.08	9.61	0.00	0.28
		1차 비철금속							
	제조업	1차 철강	563	0.03	0.06	0.01	3.60	0.00	0.73
		1차 금속							

〈표 4〉 계속

대분류	중분류	소분류	N	AM	SD	GM	GSD	min	max
C	제조업	1차 금속 제조업	24	0.09	0.08	0.07	2.12	0.02	0.31
		가구 제조업	33	0.17	0.19	0.07	7.39	0.00	0.90
		가죽, 가방 및 신발 제조업	21	0.06	0.05	0.05	1.94	0.01	0.22
		고무제품 및 플라스틱제품 제조업	40	0.26	0.20	0.17	2.96	0.01	0.73
		고무제품 및 플라스틱제품 제조업	142	0.15	0.13	0.10	3.06	0.00	0.71
		금속가공제품 제조업;기계 및 가구 제외 금속가공제품	65	0.16	0.14	0.11	2.66	0.01	0.80
		구조용 금속제품, 탱크 및 증기발생기 제조업	136	0.18	0.22	0.08	5.20	0.00	1.81
		기타 금속가공제품 제조업	49	0.14	0.16	0.08	3.07	0.00	0.85
		기타 기계 및 장비 제조업	75	0.19	0.50	0.06	4.25	0.00	3.10
		특수 목적용 기계 제조업	8	0.10	0.16	0.03	6.41	0.00	0.42
		기타 운송장비 제조업	5	0.18	0.15	0.07	8.67	0.00	0.34
		철도장비 제조업	1	0.12	-	0.12	-	0.12	0.12
		항공기,우주선 및 부품 제조업	41	0.12	0.31	0.05	3.29	0.01	1.99
		그외 기타 제품 제조업	3	0.10	0.11	0.05	5.58	0.01	0.22
		운동 및 경기용구 제조업							

〈표 4〉 계속

대분류	중분류	소분류	N	AM	SD	GM	GSD	min	max	
C	제조업	목재 및 나무 제품 제조업 ;가구제외	나무제품 제조업	43	0.13	0.13	0.08	3.44	0.01	0.67
		목재 및 나무 제품 제조업 ;가구제외	제재 및 목재 가공업	5	0.29	0.24	0.17	3.78	0.04	0.57
		비금속 광물제품 제조업	기타 비금속 광물제품 제조업	3	0.02	0.01	0.01	3.54	0.00	0.03
		비금속 광물제품 제조업	시멘트, 석회, 플라스터 및 그 제품 제조업	2	0.03	0.01	0.03	1.29	0.03	0.04
		비금속 광물제품 제조업	유리 및 유리제품 제조업	6	0.09	0.10	0.05	3.34	0.01	0.23
		섬유제품 제조업; 의복제외	기타 섬유제품 제조업	7	0.11	0.10	0.08	2.81	0.02	0.24
		섬유제품 제조업; 의복제외	섬유제품 염색, 정리 및 마무리 가공업	3	0.36	0.29	0.19	5.69	0.03	0.57
		식료품 제조업	기타 식품 제조업	25	0.22	0.23	0.09	6.71	0.00	0.85
		식료품 제조업	낙농제품 및 식용빙과류 제조업	2	0.07	0.02	0.07	1.41	0.06	0.09
		음료 제조업	비알콜음료 및 얼음 제조업	3	0.07	0.07	0.06	2.43	0.03	0.15
		음료 제조업	알콜음료 제조업	3	0.10	0.06	0.10	1.67	0.07	0.17
		의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	안경, 사진장비 및 기타광학 기기제조업	2	0.00	0.00	0.00	1.68	0.00	0.00
의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	의료용 기기 제조업	2	0.01	0.00	0.01	1.14	0.01	0.01		

〈표 4〉 계속

대분류	중분류	소분류	N	AM	SD	GM	GSD	min	max	
C	제조업	의료용 물질 및 의약품 제조업	기초 의약품 및 생물학적 제제 제조업	21	0.12	0.19	0.05	4.30	0.00	0.88
		의료용 물질 및 의약품 제조업	의료용품 및 기타의약품관련 제품 제조업	7	0.06	0.05	0.04	3.16	0.01	0.13
		의료용 물질 및 의약품 제조업	의약품 제조업	70	0.15	0.16	0.08	3.45	0.00	0.72
		의복, 의복 액세서리 및 모피제품 제조업	봉제의복 제조업	1	0.03	-	0.03	-	0.03	0.03
		인쇄 및 기록매체 복제업	인쇄 및 인쇄관련 산업	97	0.17	0.17	0.09	4.06	0.00	0.73
		자동차 및 트레일러 제조업	자동차 부품 제조업	142	0.21	0.29	0.13	2.62	0.01	2.77
		자동차 및 트레일러 제조업	자동차 차체 및 트레일러 제조업	7	0.11	0.08	0.09	2.21	0.03	0.26
		자동차 및 트레일러 제조업	자동차용 엔진 및 자동차 제조업	12	0.09	0.14	0.02	7.03	0.00	0.40
		전기장비 제조업	가정용 기기 제조업	3	0.13	0.00	0.13	1.04	0.13	0.14
		전기장비 제조업	기타 전기장비 제조업	4	0.06	0.05	0.03	6.35	0.00	0.12
		전기장비 제조업	전동기,발전기및 전기변환·공급·제 어장치제조업	8	0.20	0.22	0.09	5.10	0.00	0.63
		전기장비 제조업	절연선 및 케이블 제조업	5	0.17	0.10	0.14	1.94	0.06	0.28
		전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향/통신 장비 제조업	반도체 제조업	8	0.04	0.03	0.02	4.70	0.00	0.09

〈표 4〉 계속

대분류	중분류	소분류	N	AM	SD	GM	GSD	min	max	
C	제조업	전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향/통신 장비제조업	영상 및 음향기기 제조업	1	0.02	-	0.02	-	0.02	0.02
		전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향/통신 장비 제조업	전자부품 제조업	16	0.09	0.10	0.05	3.61	0.00	0.38
		코크스, 연탄 및 석유 정제품 제조업	석유 정제품 제조업	164	0.13	0.14	0.06	5.38	0.00	0.74
		코크스, 연탄 및 석유 정제품 제조업	코크스 및 연탄 제조업	1	0.05	-	0.05	-	0.05	0.05
		파이프라인 운송업	파이프라인 운송업	25	0.06	0.05	0.04	2.00	0.01	0.22
		펄프, 종이 및 종이제품 제조업	골판지, 종이 상자 및 종이 용기 제조업	8	0.09	0.10	0.03	7.65	0.00	0.26
		펄프, 종이 및 종이제품 제조업	기타 종이 및 판지제품 제조업	14	0.13	0.10	0.08	3.61	0.00	0.32
		펄프, 종이 및 종이제품 제조업	펄프, 종이 및 판지 제조업	3	0.42	0.44	0.12	16.03	0.01	0.88
		화학물질 및 화학제품 제조업 ;의약품 제외	기초화학물질 제조업	682	0.11	0.17	0.04	4.83	0.00	2.31
		화학물질 및 화학제품 제조업 ;의약품 제외	기타 화학제품 제조업	363	0.15	0.15	0.08	3.41	0.00	0.94
		화학물질 및 화학제품 제조업 ;의약품 제외	비료 및 질소화합물 제조업	3	0.08	0.13	0.03	6.14	0.01	0.23
		화학물질 및 화학제품 제조업 ;의약품 제외	합성고무 및 플라스틱 물질 제조업	376	0.07	0.10	0.03	5.37	0.00	0.83

3) 특정공정의 노출특성

전체 벤젠의 측정건수 3,891건 중 가장 측정시료수가 많은 작업공정은 506건으로 실험실이였다. 여기서 작업환경 측정 시 작업공정을 기입할 때, 실제 작업하는 작업명을 쓰기도 하지만 1공장, 협력사 상호명, 층수, 등을 사용하기도 하므로 작업환경측정 결과서 통계만 가지고는 정확히 작업자가 하는 일에 대한 알 수가 없어 업종/규모별 노출특성 구분 시 제외시켰으며, 불명확하게 기입된 공정명, 아예 공정이 누락된 측정데이터 또한 제외하고 처리를 하였다.

벤젠의 경우, 특별관리물질로서 매우 유독하고, 취급하기가 어려우며, 관련 법적인 부분이 강화되어 사업장에서 사용을 지양하고, 실험실과 같은 연구, 분석목적으로 사용하기 때문에 가장 많이 검출된 공정이 실험실이라 추정된다.

〈표 5〉을 살펴보면, 실험실에 대한 전체 측정건수 중 제조업이 409건으로 약 80%을 차지하고 있으며, 10명~49명의 규모의 사업장이 132건으로 가장 많이 나타났고, 300명~999명 97건, 5,000명~9,999명 62건 순으로 나타났다.

〈표 5〉 특정공정의 업종/규모별 노출특성

공 정	대분류	규모(명)							
		<10	10~ 49	50~ 99	100~ 299	300~ 999	1000~ 4999	5000~ 9999	> 10000 합계
실험 실	공공행정, 국방 및 사회보장 행정	2	2	1	1	-	-	-	6
	도매 및 소매업	3	7	1	5	1	-	-	17
	보건업 및 사회복지 서비스업	1	3	2	-	2	1	-	9

〈표 5〉 계속

공 정	대분류	규모(명)								합계
		<10	10~ 49	50~ 99	100~ 299	300~ 999	1000~ 4999	5000~ 9999	> 10000	
실 험 실	사업시설관리 및 사업지원 서비스업	-	-	-	-	1	-	-	-	1
	전기, 가스, 증기 및 수도사업	-	-	-	1	-	1	-	-	2
	전문, 과학 및 기술 서비스업	7	12	9	9	7	2	1	1	48
	제조업	32	107	43	52	82	32	58	3	409
	출판, 영상, 방송통신 및 정보서비스업	-	-	1	1	-	2	1	-	5
	협회 및 단체, 수리 및 기타 개인 서비스업	1	1	-	1	4	-	2	-	9
	총계	46	132	57	70	97	38	62	4	506

4) 규모별 노출수준 및 특성

검출된 3,891건 시료 중 가장 많은 규모는 10명~49명 미만의 사업장으로 931건이 나타났다.

검출된 시료 중 산술평균이 가장 높은 규모는 10,000명 초과하는 사업장으로 0.17 ppm이 나타났으며, 5,000명~9,999명 0.15 ppm, 100명~299명 0.13 ppm 순으로 나타났다. 또한 기하평균이 가장 높은 규모는 5,000명~9,999명으로 0.07 ppm, 50명~99명 0.05 ppm, 1,000명~ 4,999명 0.05 ppm 순으로 나타났다.

기하표준편차 값이 4.0 이상으로 높은 것은 작업환경 및 업종자체가 완전히 틀린 각각 다른 사업장에 측정결과를 취합한 원인으로 추정되며, 10,000명 초과하는 사업장의 기하표준편차가 10.0을 초과하여 가장 높으며, 100명~299명 5.21, 10명 미만 5.19 순으로 나타났다.

규모별 벤젠의 노출수준 및 특성은 아래 <표 6>와 같다.

<표 6> 규모별 노출수준 및 특성

규모(명)	N	AM	SD	GM	GSD	min	max
>10000	12	0.17	0.29	0.04	10.81	0.00	0.97
5000~9999	529	0.15	0.22	0.07	4.83	0.00	3.10
1000~4999	317	0.12	0.17	0.05	4.64	0.00	1.61
300~999	679	0.10	0.16	0.04	4.90	0.00	2.82
100~299	607	0.13	0.27	0.04	5.21	0.00	4.44
50~99	511	0.11	0.19	0.05	4.26	0.00	3.29
10~49	931	0.11	0.15	0.04	4.79	0.00	1.99
<10	305	0.11	0.16	0.04	5.19	0.00	1.39
총계	3,891	0.12	0.19	0.05	4.87	0.00	4.44

5) 일정규모에 대한 세부 노출특성

〈표 6〉와 같이 전체 규모 중 가장 많은 측정건수의 규모는 10명~49명이다. 이는 벤젠 총 측정건수 3,891건 중 23.9%(931건)에 해당하며, 〈표 7〉와 같이 10명~49명에 대해 업종별 세부 구분하였다.

10명~49명 규모의 사업장에서 가장 업종은 제조업으로 807건 나타났으며, 건설업 36건, 전문, 과학 및 기술서비스업 24건 순으로 나타났다.

검출된 시료 중 산술평균이 가장 높은 업종은 공공행정, 국방 및 사회보장 행정 0.27 ppm이 나타났으며, 협회 및 단체, 수리 및 기타 개인서비스업 0.25 ppm, 전기, 가스, 증기 및 수도사업 0.17 ppm 순으로 나타났다. 또한 기하평균이 가장 높은 업종은 전기, 가스, 증기 및 수도사업 0.16 ppm이 나타났으며, 그 뒤로 공공행정, 국방 및 사회보장 행정 0.11 ppm, 보건업 및 사회복지 서비스업 0.09 ppm 순으로 나타났다.

여기서 산술평균 및 기하평균이 가장 높은 공공행정, 국방 및 사회보장 행정과 협회 및 단체, 수리 및 기타 개인서비스업의 경우에는, 사업장에서 너무 적은 시료(n=8 이하)가 측정되었기 때문으로 추정된다.

〈표 7〉 일정규모(10명~49명)에 대한 세부 노출특성

규모	업종	N	AM	SD	GM	GSD	min	max
10~49명	A 농업, 임업 및 어업	2	0.01	0.01	0.01	1.46	0.01	0.02
	B 광업	-	-	-	-	-	-	-
	C 제조업	807	0.11	0.15	0.04	4.92	0.00	1.99
	D 전기, 가스, 증기 및 수도사업	4	0.17	0.08	0.16	1.56	0.10	0.27

〈표 7〉 계속

구 모	업종	N	AM	SD	GM	GSD	min	max
10~ 49 명	E 하수·폐기물 처리, 원료재생 및 환경복원업	2	0.08	0.05	0.07	1.81	0.05	0.11
	F 건설업	36	0.07	0.05	0.04	3.39	0.00	0.20
	G 도매 및 소매업	15	0.11	0.09	0.08	2.35	0.01	0.38
	H 운수업	14	0.13	0.15	0.05	6.29	0.00	0.46
	I 숙박 및 음식점업	-	-	-	-	-	-	-
	J 출판, 영상, 방송통신 및 정보서비스업	-	-	-	-	-	-	-
	K 금융 및 보험업	-	-	-	-	-	-	-
	L 부동산업 및 임대업	-	-	-	-	-	-	-
	M 전문, 과학 및 기술서비스업	24	0.12	0.12	0.07	2.99	0.01	0.40
	N 사업시설관리 및 사업지원 서비스업	-	-	-	-	-	-	-
	O 공공행정, 국방 및 사회보장 행정	8	0.27	0.31	0.11	6.29	0.00	0.77
	P 교육서비스	-	-	-	-	-	-	-

〈표 7〉 계속

규모	업종	N	AM	SD	GM	GSD	min	max
10~49명	Q 보건업 및 사회복지 서비스업	9	0.14	0.11	0.09	3.46	0.01	0.32
	R 예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업	-	-	-	-	-	-	-
	S 협회 및 단체, 수리 및 기타 개인서비스업	7	0.25	0.53	0.04	8.89	0.00	1.46
	T 가구내고용활동 및달리분류되지 않은자가소비	-	-	-	-	-	-	-
	U 국제 및 외국기관	-	-	-	-	-	-	-
	- 정보없음	3	0.05	0.00	0.05	1.06	0.05	0.05

6) 규모별 노출기준에 대한 특성

벤젠의 전체 측정건수는 3,891건에서 노출기준을 초과한 건수는 91건으로 나타났으며, 노출기준 50%초과 건수는 458건, 노출기준 초과한 건수 중 2배 이상 초과건수는 13건으로 나타났다.

50% 이상 초과한 측정건수 중 규모별로 살펴보면 10명~49명의 규모에서 122건으로 가장 많은 측정건수가 나타났으며, 5,000명~9,999명 106건, 100명~299명 91건 순으로 나타났다(〈표 8〉).

100인 미만의 사업장에서 50% 초과건수는 41.5%(228건)으로 나타났는데 이는 100명 이하의 소규모 또는 영세 규모의 사업장의 경우 대규모의 사업장에 비해 유기화합물의 관리와 안전보건설비, 사업장 관리시스템 등 여러 가지 요인들이 미흡하여 나온 결과라 예상된다.

한편 5,000명~9,999명 규모의 사업장에서 50% 초과건수가 발생한 원인은 사업장 內 협력사 작업실시, 실험실, 분석실 등에서의 노출, 벤젠원료의 사용 등으로 추정된다.

〈표 8〉 규모별 노출기준(50%이상)에 대한 특성

규모(명)	50%~99%	100%~199%	>200%	계	max (ppm)	노출기준 (TWA)
>10000	2	1	-	3	0.97	0.5 ppm
5000~9999	86	17	3	106	3.10	
1000~4999	29	9	1	39	1.61	
300~999	68	13	1	82	2.82	
100~299	77	10	4	91	4.44	
50~99	59	11	1	71	3.29	
10~49	110	10	2	122	1.99	
<10	27	7	1	35	1.39	
총계	458	78	13	549	4.44	

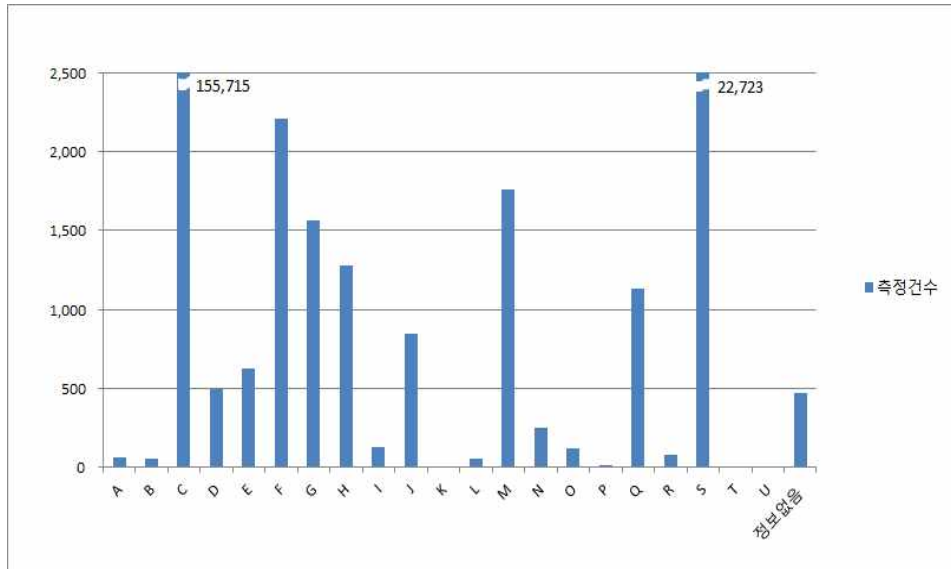
제 3 절 톨루엔(Toluene)

1) 업종별 노출수준 및 특성

전체 측정건수는 593,597건에서 톨루엔의 경우, 323,526건을 차지하고 있으며, 불검출 건수 132,044건, 검출(Trace)만 된 건수는 1,914건이었다. 정량된 측정치 189,568건을 통계청 한국표준산업분류(KSIC) 따라 업종별 측정건수 및 평균, 최소/최대값 등으로 구분하였다([그림 3]).

가장 많이 측정된 업종은 제조업으로, 전체 측정건수 189,568건 중 82.1%(155,715건)에 해당하며, 협회 및 단체, 수리 및 기타 개인서비스업 22,723건, 건설업 2,213건 순으로 나타났다(<표 9>).

검출된 시료 중 산술평균이 가장 높은 업종은 농업, 임업 및 어업으로 10.53 ppm이 나타났으며, 출판, 영상, 방송통신 및 정보서비스업 3.68 ppm, 제조업 3.58 ppm 순으로 나타났다. 또한 기하평균은 부동산업 및 임대업 1.06 ppm, 제조업 0.82 ppm, 도매 및 소매업 0.71 ppm 순으로 나타났다.



[그림 3] 톨루엔의 업종별 측정건수.

※ 통계청 한국표준산업분류(KSIC)

A[농업, 임업 및 어업] B[광업] C[제조업] D[전기, 가스, 증기 및 수도사업] E[하수·폐기물 처리, 원료재생 및 환경복원업] F[건설업] G[도매 및 소매업] H[운수업] I[숙박 및 음식점업] J[출판, 영상, 방송통신 및 정보서비스업] L[부동산업 및 임대업] M[전문, 과학 및 기술서비스업] N[사업시설관리 및 사업지원 서비스업] O[공공행정, 국방 및 사회보장 행정] P[교육서비스] Q[보건업 및 사회복지 서비스업] R[예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업] S[협회 및 단체, 수리 및 기타 개인서비스업] T[가구내 고용활동 및 달리 분류되지 않은 자가소비] U[국제 및 외국기관]

〈표 9〉 업종별 노출수준 및 특성

	대분류	N	AM	SD	GM	GSD	min	max
A	농업, 임업 및 어업	60	10.53	39.78	0.19	13.12	0.00	267.97
B	광업	54	1.30	2.65	0.52	3.72	0.01	17.15
C	제조업	155,715	3.58	7.19	0.82	6.90	0.00	312.36
D	전기, 가스, 증기 및 수도사업	493	0.57	1.42	0.25	3.23	0.00	13.01
E	하수·폐기물 처리, 원료재생 및 환경복원업	627	1.65	3.03	0.48	5.15	0.00	21.88
F	건설업	2,213	2.18	5.23	0.50	5.81	0.00	119.95
G	도매 및 소매업	1,568	3.52	6.82	0.71	7.27	0.00	87.93
H	운수업	1,275	1.45	3.06	0.33	6.76	0.00	30.06
I	숙박 및 음식점업	128	1.66	4.29	0.42	5.29	0.00	36.40
J	출판, 영상, 방송통신 및 정보서비스업	847	3.68	8.28	0.71	7.21	0.00	94.56
K	금융 및 보험업	-	-	-	-	-	-	-
L	부동산업 및 임대업	51	3.16	5.92	1.06	4.78	0.04	34.95
M	전문, 과학 및 기술서비스업	1,758	0.93	2.55	0.24	5.27	0.00	41.77
N	사업시설관리 및 사업지원 서비스업	248	2.14	5.95	0.20	11.99	0.00	43.43
O	공공행정, 국방 및 사회보장 행정	118	0.72	1.46	0.08	17.13	0.00	7.47
P	교육서비스	15	0.35	0.35	0.23	2.45	0.08	1.20
Q	보건업 및 사회복지 서비스업	1,129	0.86	2.82	0.13	8.27	0.00	34.53
R	예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업	76	1.81	3.93	0.36	7.68	0.01	20.09
S	협회 및 단체, 수리 및 기타 개인서비스업	22,723	1.44	2.48	0.57	4.53	0.00	47.11
T	가구내고용활동 및달리분류되지 않은자가소비	-	-	-	-	-	-	-
U	국제 및 외국기관	-	-	-	-	-	-	-
-	정보없음	470	3.08	6.91	0.62	6.84	0.00	47.93
	총계	189,568	3.23	6.76	0.75	6.68	0.00	312.36

2) 제조업에 대한 세부분류별 노출수준 및 특성

〈표 9〉와 같이 전체 업종 중 가장 많은 측정건수의 업종은 제조업이다. 이는 톨루엔의 총 측정건수 189,568건 중 82.1%(155,715건)에 해당하며, 제조업에 대해 세부 분류별로 구분하였다(〈표 10〉).

제조업 중 가장 많이 측정이 된 업종은(소분류) 기타 화학제품 제조업으로 14,939건 나타났으며, 인쇄 및 인쇄관련 산업 14,933건, 기타 금속 가공제품 제조업 13,419건 순으로 나타났다. 여기서 기타 화학제품 제조업은 벤젠, 톨루엔 및 크실렌을 원료로 제품을 제조하는 데 사용되어지고, 인쇄 및 인쇄관련 산업의 경우는 인쇄원료(페인트, 신나, 경화제 등)의 톨루엔 함유와 기타 금속가공제품 제조업에서는 금속의 가공(도장/도포, 접착, 전처리 등)에 유기화합물 사용이 필수요소이므로 가장 많은 나타난 것으로 보여진다.

검출된 시료 중 산술평균이 가장 높은 업종(소분류)은 신발 및 신발부 부품 제조업으로 7.86 ppm이 나타났으며, 기타 비금속 광물제품 제조업 7.44 ppm, 인쇄 및 인쇄관련 산업 6.86 ppm 순으로 나타났다. 또한 기하평균이 가장 높은 업종(소분류)은 신발 및 신발부 부품 제조업으로 3.28 ppm이 나타났으며, 인쇄 및 인쇄관련 산업 2.10 ppm, 마그네틱 및 광학매체 제조업 1.92 ppm 순으로 나타났다.

특히 산술평균이 가장 높은 상위 3개 업종의 경우에는 표준편차가 9.0이상으로 컸으며, 이는 매우 분포가 넓게 퍼져 있으며, 일부 공정의 톨루엔 측정치가 매우 높게 나와 이들 값에 영향을 받은 것으로 추정된다.

〈표 10〉 제조업 세부 노출수준 및 특성

대분류	중분류	소분류	N	AM	SD	GM	GSD	min	max
제조업	1차 금속 제조업	1차 철강 제조업	2,175	2.43	4.82	0.60	6.23	0.00	60.87
	1차 금속 제조업	금속 주조업	1,000	2.95	6.36	0.62	6.79	0.00	60.88
	1차 금속 제조업	1차비철금 속 제조업	540	1.75	4.48	0.35	5.70	0.01	47.37
	가구 제조업	가구 제조업	2,722	4.13	6.55	1.46	5.16	0.00	70.97
	가죽, 가방 및 신발 제조업	신발 및 신발부 분품 제조업	4,511	7.86	9.71	3.28	5.10	0.00	94.49
	가죽, 가방 및 신발 제조업	가죽, 가방 및 신발 제조업	78	4.32	4.96	1.50	6.88	0.00	20.59
	가죽, 가방 및 신발 제조업	가죽, 가방 및 유사 제품제조 업	1,076	3.33	6.26	0.98	5.45	0.01	61.27
	고무제품 및 플라스틱제 품 제조업	고무제품 제조업	3,557	4.23	7.41	1.10	6.65	0.00	94.08
	고무제품 및 플라스틱제 품 제조업	플라스틱 제품 제조업	12,484	4.83	9.45	1.22	6.56	0.00	312.36
	금속가공제 품 제조업 ;기계 및 가구제외	기타 금속가공 제품 제조업	13,419	3.02	5.71	0.86	5.76	0.00	104.08
	금속가공제 품 제조업 ;기계 및 가구제외	무기 및 총포탄 제조업	243	2.56	6.69	0.63	5.25	0.01	69.00

〈표 10〉 계속

대분류	중분류	소분류	N	AM	SD	GM	GSD	min	max
제조업	금속가공제품 제조업 ;기계 및 가구제외	구조용 금속 제품, 탱크및 증기 발생기 제조업	3,414	3.83	9.31	0.94	6.39	0.00	272.99
	기타 기계 및 장비 제조업	특수목적용 기계 제조업	4,833	2.49	4.99	0.55	7.11	0.00	52.79
	기타 기계 및 장비 제조업	일반목적용 기계 제조업	6,211	2.42	5.16	0.63	6.14	0.00	93.21
	기타 운송장비 제조업	그외 기타 운송장비 제조업	419	2.05	6.09	0.51	5.44	0.00	100.54
	기타 운송장비 제조업	선박 및 보트 건조업	7,030	2.65	6.60	0.56	6.30	0.00	117.72
	기타 운송장비 제조업	철도장비 제조업	297	2.59	3.98	0.89	6.10	0.00	23.15
	기타 운송장비 제조업	항공기,우 주선 및 부품제조업	750	1.63	3.95	0.46	5.37	0.00	44.18
	기타 제품 제조업	귀금속 및 장신용품 제조업	111	2.33	5.35	0.64	5.25	0.00	48.04
	기타 제품 제조업	그외 기타 제품 제조업	3,583	3.53	6.50	0.91	6.40	0.00	70.75
	기타 제품 제조업	악기 제조업	187	1.54	3.14	0.61	3.67	0.02	28.27
	기타 제품 제조업	인형,장난감 및 오락용품 제조업	42	2.91	3.84	1.24	4.37	0.03	17.47
	기타 제품 제조업	운동 및 경기용구 제조업	329	3.20	8.06	0.85	5.51	0.00	119.77
	목재 및나무 제품제조업; 가구제외	나무제품 제조업	2,665	3.86	6.39	1.23	5.67	0.00	70.12
	목재 및나무 제품제조업; 가구제외	코르크 및 조물 제품 제조업	2	0.50	0.68	0.13	18.31	0.02	0.98

〈표 10〉 계속

대분류	중분류	소분류	N	AM	SD	GM	GSD	min	max	
C	제조업	목재 및나무 제품제조업; 가구제외	제재 및 목재 가공업	473	2.85	4.90	0.92	5.20	0.01	45.04
		비금속 광물제품 제조업	도자기 및기타 요업 제품 제조업	157	1.25	2.64	0.38	4.78	0.00	17.99
		비금속 광물제품 제조업	유리 및 유리제품 제조업	615	1.92	3.97	0.46	5.92	0.00	25.35
		비금속 광물제품 제조업	기타 비금속 광물제품 제조업	620	7.44	13.77	1.54	8.49	0.00	95.36
		비금속 광물제품 제조업	시멘트, 석회, 플라 스터 제품제조업	275	2.17	5.31	0.40	7.31	0.00	33.21
		섬유제품 제조업; 의복제외	편조원단 및 편조제품 제조업	30	4.97	8.00	1.11	8.17	0.02	35.97
		섬유제품 제조업; 의복제외	직물직조 및 직물제품 제조업	444	6.25	12.70	1.49	7.52	0.00	185.11
		섬유제품 제조업; 의복제외	방직 및 가공사 제조업	42	5.68	8.12	1.77	6.63	0.02	34.95
		섬유제품 제조업; 의복제외	그외 기타 섬유제품 제조업	4	2.90	5.38	0.49	8.88	0.07	10.97
		섬유제품 제조업; 의복제외	기타 섬유제품 제조업	1,088	4.37	7.80	1.09	6.34	0.00	75.60
		섬유제품 제조업; 의복제외	섬유제품염 색,정리및마 무리가공업	1,613	3.05	6.14	0.69	6.50	0.00	73.92
		식품 제조업	수산물 가공 및 저장 처리업	17	0.15	0.10	0.11	2.63	0.01	0.34
		식품 제조업	동물용 사료 및 조제식품 제조업	7	0.77	1.50	0.18	6.01	0.03	4.12

〈표 10〉 계속

대분류	중분류	소분류	N	AM	SD	GM	GSD	min	max
제 조 업	식료품 제조업	동물성 및 식물성 유지 제조업	49	0.59	0.82	0.30	3.55	0.01	4.34
	식료품 제조업	도축, 육류 가공 및 저장 처리업	30	0.22	0.15	0.15	3.88	0.00	0.65
	식료품 제조업	과실, 채소 가공 및 저장 처리업	16	0.20	0.29	0.11	2.92	0.02	1.17
	식료품 제조업	곡물가공품, 전분 및 전분제품 제조업	16	0.43	0.37	0.30	2.62	0.05	1.38
	식료품 제조업	기타 식품 제조업	322	0.82	3.42	0.19	4.41	0.00	36.69
	식료품 제조업	낙농제품 및 식용빙과류 제조업	164	1.57	2.80	0.38	7.74	0.00	23.51
	음료 제조업	비알콜음료 및 얼음 제조업	61	0.54	1.15	0.25	3.25	0.02	8.56
	음료 제조업	알콜음료 제조업	17	0.59	0.78	0.11	11.75	0.00	2.32
	의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	측정, 시험, 항해, 제어및기타정 밀 기기제조업; 광학기기 제외	245	1.74	4.53	0.35	6.04	0.00	37.46
	의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	측정, 시험, 항해, 제어 및 기타 정밀기기 제조업	143	1.80	4.31	0.35	6.74	0.00	34.01
	의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	시계 및 시계부품 제조업	53	1.38	3.29	0.40	4.67	0.00	17.78
	의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	안경, 사진장비 및 기타 광학기기 제조업	825	1.95	4.28	0.56	4.95	0.00	45.45
	의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	의료용 기기 제조업	580	2.65	7.33	0.51	6.70	0.00	101.78

〈표 10〉 계속

대분류	중분류	소분류	N	AM	SD	GM	GSD	min	max
C	제조업	의료용 물질 및 의약품 제조업	538	0.46	1.50	0.12	5.06	0.00	18.90
		의료용 물질 및 의약품 제조업	627	0.46	1.03	0.15	4.35	0.00	9.73
		의료용 물질 및 의약품 제조업	285	0.99	2.46	0.24	5.49	0.00	19.56
		의복, 의복 액세서리 및 모피제품 제조업	68	3.65	5.46	0.76	8.79	0.00	21.22
		의복, 의복 액세서리 및 모피제품 제조업	2	0.33	0.21	0.29	1.98	0.18	0.48
		의복, 의복 액세서리 및 모피제품 제조업	34	1.86	3.01	0.60	4.89	0.05	13.58
		의복, 의복 액세서리 및 모피제품 제조업	109	3.01	5.53	0.84	5.16	0.02	22.36
		인쇄 및 기록매체 복제업	51	1.10	1.87	0.40	4.37	0.02	8.81
		인쇄 및 기록매체 복제업	14,933	6.86	9.81	2.10	6.58	0.00	209.85
		자동차 및 트레일러 제조업	11,945	2.32	5.12	0.58	6.33	0.00	136.39
		자동차 및 트레일러 제조업	4,679	2.16	4.98	0.50	6.20	0.00	93.58
		자동차 및 트레일러 제조업	846	2.62	5.10	0.74	5.83	0.00	78.31
		전기장비 제조업	1,653	1.73	3.67	0.42	6.40	0.00	47.20

〈표 10〉 계속

대분류	중분류	소분류	N	AM	SD	GM	GSD	min	max	
C	제조업	전기장비 제조업	전구 및 조명장치 제조업	392	0.64	1.11	0.21	4.92	0.00	8.61
		전기장비 제조업	일차전지 및 축전지 제조업	135	6.16	9.22	1.12	9.72	0.01	43.78
		전기장비 제조업	절연선 및 케이블 제조업	1,210	2.05	5.05	0.43	5.85	0.00	44.28
		전기장비 제조업	기타 전기장비 제조업	706	2.64	5.75	0.58	6.04	0.00	49.31
		전기장비 제조업	가정용 기기 제조업	424	1.27	3.45	0.30	5.67	0.00	37.85
		전자부품, 컴퓨터,영상, 음향 및통신 장비 제조업	영상 및 음향기기 제조업	1,242	2.26	4.79	0.39	8.46	0.00	49.64
		전자부품, 컴퓨터,영상, 음향 및통신 장비 제조업	마그네틱 및 광학 매체 제조업	286	4.45	5.98	1.92	4.14	0.01	33.93
		전자부품, 컴퓨터,영상, 음향 및통신 장비 제조업	반도체 제조업	534	1.08	3.03	0.20	6.12	0.00	24.67
		전자부품, 컴퓨터,영상, 음향 및통신 장비 제조업	전자부품 제조업	7,882	2.13	4.91	0.40	7.04	0.00	83.59
		전자부품, 컴퓨터,영상, 음향 및통신 장비 제조업	컴퓨터 및 주변장치 제조업	208	1.77	3.83	0.42	6.13	0.00	24.03
C	제조업	전자부품, 컴퓨터,영상, 음향 및통신 장비 제조업	통신 및 방송 장비 제조업	643	1.06	2.31	0.29	5.60	0.00	24.01
		코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	석유 정제품 제조업	622	0.93	2.29	0.32	4.36	0.00	35.69

〈표 10〉 계속

대분류	중분류	소분류	N	AM	SD	GM	GSD	min	max
제조업	코르크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	코르크스 및 연탄 제조업	19	0.41	0.53	0.13	6.21	0.00	1.80
	파이프라인 운송업	파이프라인 운송업	29	1.52	3.85	0.16	10.19	0.00	16.18
	펄프, 종이 및 종이제품 제조업	펄프, 종이 및 판지 제조업	1,307	6.29	9.66	1.77	6.96	0.00	99.38
	펄프, 종이 및 종이제품 제조업	골판지, 종이 상자 및 종이 용기 제조업	1,667	4.77	7.55	1.11	7.89	0.00	66.49
	펄프, 종이 및 종이제품 제조업	기타 종이 및 판지 제품 제조업	1,495	5.11	8.83	1.17	7.62	0.00	110.74
	화학물질 및 화학제품 제조업;의약품 제외	기초화학물질 제조업	2,173	1.27	2.94	0.31	6.12	0.00	35.43
	화학물질 및 화학제품 제조업;의약품 제외	화학섬유 제조업	100	1.96	4.16	0.47	5.38	0.01	23.50
	화학물질 및 화학제품 제조업;의약품 제외	합성고무 및 플라스틱 물질 제조업	4,320	3.93	8.45	0.70	8.79	0.00	177.17
	화학물질 및 화학제품 제조업;의약품 제외	기타 화학제품 제조업	14,939	3.35	6.54	0.92	6.06	0.00	300.79
	화학물질 및 화학제품 제조업;의약품 제외	비료 및 질소화합물 제조업	28	0.41	0.78	0.12	4.88	0.01	3.80

3) 특정공정의 노출특성

전체 톨루엔의 측정건수 189,568건 중 가장 측정시료수가 많은 작업공정은 55,892건으로 도장 공정이었다. 여기서 작업환경 측정시 작업공정을 기입할 때, 실제 작업하는 작업명을 쓰기도 하지만 1공장, 협력사 상호명, 층수, 등을 사용하기도 하므로 작업환경측정 결과서 통계만 가지고는 정확히 작업자가 하는 일에 대한 알 수가 없어 업종/규모별 노출특성 구분시 제외시켰으며, 불명확하게 기입된 공정명, 아예 공정이 누락된 측정데이터 또한 제외하고 처리를 하였다.

톨루엔의 경우, 도장 공정이외에도 코팅, 세척, 정유, 실험실 등에서 많이 검출되었으며, <표 11>와 같이 도장 공정에 대한 전체 측정건수 중 제조업이 32,595건으로 가장 나타났고, 협회 및 단체, 수리 및 기타 개인 서비스업 20,749건, 건설업 958건 순으로 나타났다.

협회 및 단체, 수리 및 기타 개인 서비스업의 경우에는 전국 1, 2급 공업사가 포함되어진 업종으로 측정시료가 많을 것으로 추정되며, 건설업은 건축물 시공시 도료 및 신나 사용, 바닥/천장제 도포 등의 작업으로 인한 것으로 보여진다.

도장 공정에 대한 측정건수가 가장 많은 규모는 10명~49명으로, 23,799건이 나타났으며, 10명 미만 사업장 16,143건, 50명~99명 5,268건 순으로 나타났다.

<표 11> 특정공정의 업종/규모별 노출특성

공 정	대분류	규모(명)								
		<10	10~49	50~99	100~ 299	300~ 999	1000~ 4999	5000~ 9999	> 10000	합계
도 장	건설업	120	211	110	174	174	150	16	3	958
	공공행정,국방 및 사회보장 행정	4	2	-	-	-	2	-	-	8

〈표 11〉 계속

공 정	대분류	규모(명)								합계
		<10	10~49	50~99	100~ 299	300~ 999	1000~ 4999	5000~ 9999	> 10000	
도 장	광업	4	-	-	5	-	-	-	-	9
	교육 서비스업	-	2	-	2	-	-	-	-	4
	도매 및 소매업	90	186	85	34	1	12	-	-	408
	보건업 및 사회 복지 서비스업	5	-	-	3	5	-	1	-	14
	부동산업 및 임대업	8	23	-	-	1	-	-	-	32
	사업시설관리 및 사업지원 서비스업	7	16	26	8	8	-	-	-	65
	숙박 및 음식점업	-	-	3	2	33	9	-	-	47
	예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업	-	-	-	1	2	26	-	-	29
	운수업	23	54	30	111	107	81	-	-	406
	전기, 가스, 증기 및 수도사업	1	4	8	2	6	5	229	-	255
	전문, 과학 및 기술 서비스업	28	50	7	42	-	-	-	-	127
	제조업	5,860	13,294	4,376	4,585	1,619	1,600	534	727	32,595

〈표 11〉 계속

공 정	대분류	규모(명)							
		<10	10~49	50~99	100~ 299	300~ 999	1000~ 4999	5000~ 9999	> 10000
도 장	출판, 영상, 방송통신 및 정보서비스업	-	-	1	-	-	-	-	-
	하수·폐기물 처리, 원료재생 및 환경복원업	5	42	1	-	-	-	-	-
	협회 및 단체, 수리 및 기타 개인서비스업	9,975	9,853	613	303	5	-	-	-
	정보없음	13	62	8	29	20	4	1	-
	총계	16,143	23,799	5,268	5,301	1,981	1,889	781	730
		16,143	23,799	5,268	5,301	1,981	1,889	781	730
		55,892							

4) 규모별 노출수준 및 특성

검출된 189,568건 시료 중 가장 많은 측정건수를 차지하는 규모는 10명~50명 미만의 사업장으로 71,562건이 나타났다. 그 뒤로 10명 미만 사업장이 35,413건, 100명~299명 규모의 사업장이 27,440건 순으로 나타났다.

검출된 시료 중 산술평균이 가장 높은 규모는 10명~49명 이었고, 3.91 ppm이 나타났으며, 10명 미만 사업장 3.69 ppm, 50명~99명 3.07 ppm 순으로 나타났다. 또한 기하평균이 가장 높은 규모는 10명~49명으로 0.98 ppm, 10명 미만 규모가 0.90 ppm, 50명~99명 0.72 ppm 순으로 나타났다.

100인 미만의 소규모 사업장의 경우, 측정되어진 건수도 많았고, 산술평균 및 기하평균도 가장 높게 나타났다.

또한 기하표준편차 역시 거의 모든 규모의 사업장이 5.0을 상회하고 (max=7.51) 있는 실정인데, 이는 측정농도 분포차가 매우 크고, 다양한 공

정과 작업현장, 관리시스템 등의 이유로 추정된다.

규모별 벤젠의 노출수준 및 특성은 아래 <표 12>와 같다.

<표 12> 규모별 노출수준 및 특성

규모(명)	N	AM	SD	GM	GSD	min	max
>10000	3,554	1.89	5.58	0.29	7.51	0.00	100.54
5000~9999	2,228	1.32	2.81	0.41	4.82	0.00	23.80
1000~4999	7,130	1.54	3.72	0.33	6.83	0.00	64.48
300~999	15,713	2.19	4.73	0.55	6.14	0.00	87.84
100~299	27,440	2.38	5.15	0.54	6.66	0.00	117.72
50~99	26,528	3.07	6.29	0.72	6.61	0.00	119.95
10~49	71,562	3.91	7.70	0.98	6.48	0.00	312.36
<10	35,413	3.69	7.43	0.90	6.44	0.00	300.79
총계	189,568	3.23	6.76	0.75	6.68	0.00	312.36

5) 일정규모에 대한 세부 노출특성

<표 12>와 같이 전체 규모 중 가장 많은 측정건수의 규모는 10명~49명이다. 이는 톨루엔의 총 측정건수 189,568건 중 37.8%(71,562건)에 해당하며, <표 13>와 같이 10명~49명에 대해 업종별 세부 구분하였다.

10명~49명 규모의 사업장에서 가장 업종은 제조업으로 58,215건 나타

났으며, 협회 및 단체, 수리 및 기타 개인서비스업 10,690건, 도매 및 소매업 716건 순으로 나타났다.

검출된 시료 중 산술평균이 가장 높은 업종은 농업, 임업 및 어업 25.66 ppm이 나타났으며, 예술, 스포츠 및 여가 관련 서비스업 8.17 ppm, 제조업 4.41 ppm 순으로 나타났다. 또한 기하평균이 가장 높은 업종은 예술, 스포츠 및 여가 관련 서비스업 2.70 ppm이 나타났으며, 그 뒤로 제조업 1.10 ppm, 출판, 영상, 방송통신 및 정보서비스업 1.08 ppm 순으로 나타났다.

산술평균이 가장 높은 농업, 임업 및 어업의 경우, 일부 측정공정의 톨루엔 농도가 267.97 ppm으로 노출기준의 5배를 초과하였으며, 표준편차가 65.19 ppm으로 매우 높게 나타났다. 이는 측정치가 매우 넓게 분포되어 있으며, 최고 측정치가 산술평균에 영향을 미친 것이라 추정된다.

또한 산술평균 상위 2순위, 기하평균이 가장 높은 예술, 스포츠 및 여가 관련 서비스업은 대상 사업장에서 너무 적은 시료(n=8)가 측정되었기 때문에 추정된다.

출판, 영상, 방송통신 및 정보서비스업의 경우에는 측정시료 203건 중에 180건(88.7%)가 출판업으로 인쇄원료(페인트, 신나, 경화제 등)의 사용 및 가공공정으로 인해 기하평균치가 높은 것으로 추정된다.

〈표 13〉 일정규모(10명~49명)에 대한 세부 노출특성

구 모		업종	N	AM	SD	GM	GSD	min	max
10~ 49 명	A	농업, 임업 및 어업	20	25.66	65.19	0.38	28.94	0.00	267.97
	B	광업	13	0.67	0.67	0.32	4.91	0.01	1.87

〈표 13〉 계속

구 모	업종	N	AM	SD	GM	GSD	min	max
10~ 49 명	C 제조업	58,215	4.41	8.21	1.10	6.79	0.00	312.36
	D 전기, 가스, 증기 및 수도사업	21	1.78	3.42	0.42	8.02	0.00	13.01
	E 하수·폐기물 처리, 원료재생 및 환경복원업	353	2.21	3.67	0.65	5.51	0.01	21.88
	F 건설업	466	2.32	4.88	0.56	5.71	0.00	31.01
	G 도매 및 소매업	716	3.85	6.74	0.85	6.90	0.00	47.28
	H 운수업	117	1.03	1.51	0.35	5.64	0.00	7.58
	I 숙박 및 음식점업	-	-	-	-	-	-	-
	J 출판, 영상, 방송통신 및 정보서비스업	203	3.69	6.39	1.08	6.14	0.00	32.94
	K 금융 및 보험업	-	-	-	-	-	-	-
	L 부동산업 및 임대업	32	1.87	2.74	0.84	3.88	0.05	13.88
	M 전문, 과학 및 기술서비스업	356	1.11	2.36	0.33	4.94	0.00	17.65
	N 사업시설관리 및 사업지원 서비스업	43	1.78	3.16	0.47	5.14	0.05	14.20
	O 공공행정, 국방 및 사회보장 행정	30	0.86	1.65	0.14	7.84	0.00	5.91

〈표 13〉 계속

규모	업종	N	AM	SD	GM	GSD	min	max
10~49명	P 교육서비스	10	0.33	0.35	0.23	2.25	0.08	1.20
	Q 보건업 및 사회복지 서비스업	76	0.55	1.81	0.20	3.16	0.01	15.14
	R 예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업	8	8.17	8.31	2.70	8.35	0.11	20.09
	S 협회 및 단체, 수리 및 기타 개인서비스업	10,690	1.48	2.49	0.61	4.39	0.00	47.11
	T 가구내고용활동 및달리분류되지 않은자가소비	-	-	-	-	-	-	-
	U 국제 및 외국기관	-	-	-	-	-	-	-
-	정보없음	193	5.45	9.19	1.33	6.78	0.01	47.51

6) 규모별 노출기준에 대한 특성

톨루엔의 전체 측정건수는 189,568건에서 노출기준을 초과한 건수는 338건으로 나타났으며, 노출기준 50%초과 건수는 3092건, 노출기준 초과한 건수 중 2배 이상 초과건수는 34건으로 나타났다.

50% 이상 초과한 측정건수 중 규모별로 살펴보면 10명~49명의 규모에서 1,692건으로 가장 많은 측정건수가 나타났으며, 10명 미만 855건, 50명~99명 428건 순으로 나타났다(〈표 14〉).

100인 미만의 사업장에서 50% 초과건수는 86.7%(2,975건)으로 나타났는데 이는 100명 이하의 소규모 또는 영세 규모의 사업장의 경우 대규모의

사업장에 비해 화합물질 관리, 현장설비관리, 작업자의식, 보호구의 사용 등 여러 가지 요인들이 미흡하여 나온 결과라 예상된다.

〈표 14〉 규모별 노출기준(50%이상)에 대한 특성

규모(명)	50%~99%	100%~ 199%	>200%	계	max (ppm)	노출기준 (TWA)
>10000	26	7	1	34	100.54	50 ppm
5000~9999	-	-	-	-	-	
1000~4999	32	1	-	33	64.48	
300~999	116	11	-	127	87.84	
100~299	248	11	2	261	117.72	
50~99	379	45	4	428	119.95	
10~49	1519	151	22	1692	312.36	
<10	772	78	5	855	300.79	
총계	3092	304	34	3430	312.36	

제 4 절 크실렌(Xylene)

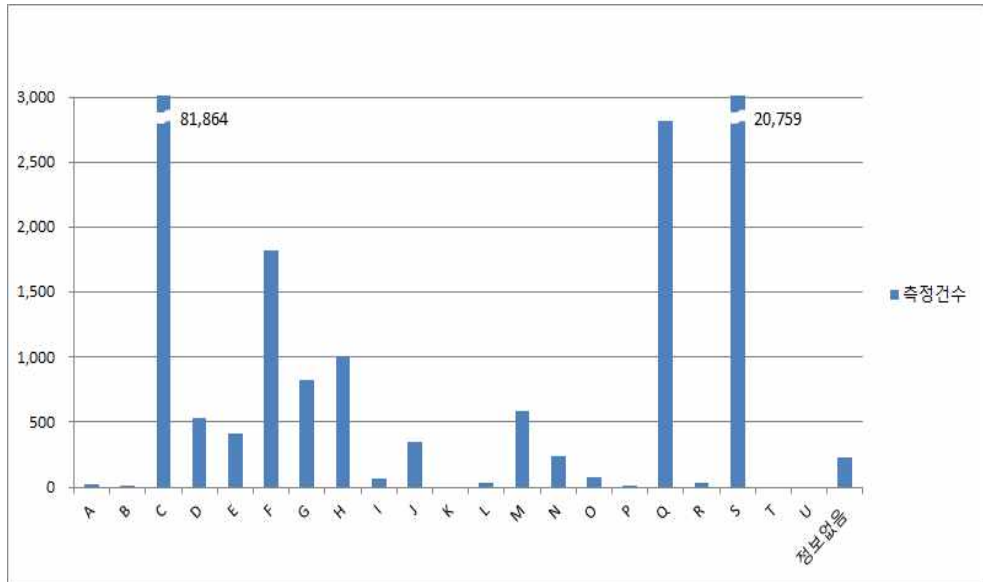
1) 업종별 노출수준 및 특성

전체 측정건수는 593,597건에서 크실렌의 경우, 243,058건을 차지하고 있으며, 불검출 건수 129,693건, 흔적(Trace) 건수 1674건을 제외한 111,691건의 정량된 시료를 업종별 측정건수 및 산술평균, 표준편차, 기하평균, 최소값과 최대값으로 구분하였다.

여기서 업종은 통계청 한국표준산업분류(KSIC) 따라 21개의 대분류로 나타냈으며, 그 결과는 [그림 4] 및 <표 15>와 같다.

가장 많이 측정된 업종은 제조업으로, 전체 측정건수 111,691건 중 73.3%(81,864건)에 해당하며, 협회 및 단체, 수리 및 기타 개인 서비스업 20,759건, 보건업 및 사회복지 서비스업 2,819건 순으로 나타났다.

검출된 시료 중 산술평균이 가장 높은 업종은 전기, 가스, 증기 및 수도 사업으로 11.33 ppm이 나타났으며, 제조업 3.52 ppm, 건설업 3.02 ppm 순으로 나타났다. 또한 기하평균의 경우에는 전기, 가스, 증기 및 수도사업 3.09 ppm, 부동산업 및 임대업 0.90 ppm, 건설업 0.75 ppm 순으로 나타났다.



[그림 4] 크실렌의 업종별 측정건수.

※ 통계청 한국표준산업분류(KSIC)

A[농업, 임업 및 어업] B[광업] C[제조업] D[전기, 가스, 증기 및 수도사업] E[하수·폐기물 처리, 원료재생 및 환경복원업] F[건설업] G[도매 및 소매업] H[운수업] I[숙박 및 음식점업] J[출판, 영상, 방송통신 및 정보서비스업] L[부동산업 및 임대업] M[전문, 과학 및 기술서비스업] N[사업시설관리 및 사업지원 서비스업] O[공공행정, 국방 및 사회보장 행정] P[교육서비스] Q[보건업 및 사회복지 서비스업] R[예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업] S[협회 및 단체, 수리 및 기타 개인서비스업] T[가구내 고용활동 및 달리 분류되지 않은 자가소비] U[국제 및 외국기관]

〈표 15〉 업종별 노출수준 및 특성

	대분류	N	AM	SD	GM	GSD	min	max
A	농업, 임업 및 어업	17	0.11	0.15	0.04	5.05	0.01	0.43
B	광업	11	0.42	0.27	0.32	2.45	0.04	0.83
C	제조업	81,864	3.52	13.54	0.61	7.19	0.00	739.62
D	전기, 가스, 증기 및 수도사업	531	11.33	18.44	3.09	6.12	0.01	106.14
E	하수·폐기물 처리, 원료재생 및 환경복원업	412	0.92	1.67	0.41	3.84	0.00	14.17
F	건설업	1,825	3.02	6.56	0.75	6.12	0.00	77.53
G	도매 및 소매업	826	1.94	4.11	0.49	6.58	0.00	46.33
H	운수업	1,007	1.33	2.64	0.32	6.80	0.00	24.03
I	숙박 및 음식점업	65	1.48	4.10	0.29	7.49	0.00	30.32
J	출판, 영상, 방송통신 및 정보서비스업	345	0.73	1.44	0.24	4.77	0.00	13.47
K	금융 및 보험업	-	-	-	-	-	-	-
L	부동산업 및 임대업	28	2.47	3.28	0.90	6.17	0.01	11.87
M	전문, 과학 및 기술서비스업	589	1.10	2.27	0.33	5.47	0.00	32.39
N	사업시설관리 및 사업지원 서비스업	238	2.99	7.15	0.56	12.90	0.00	62.22
O	공공행정, 국방 및 사회보장 행정	78	1.01	1.99	0.19	8.59	0.00	10.17
P	교육서비스	13	0.22	0.17	0.15	2.84	0.03	0.48
Q	보건업 및 사회복지 서비스업	2,819	1.65	4.21	0.46	6.91	0.00	98.03
R	예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업	37	0.99	2.43	0.36	3.68	0.03	14.33
S	협회 및 단체, 수리 및 기타 개인서비스업	20,759	1.87	3.43	0.65	5.35	0.00	66.69
T	가구내교용활동 및달리분류되지 않은자가소비	-	-	-	-	-	-	-
U	국제 및 외국기관	-	-	-	-	-	-	-
-	정보없음	227	2.12	5.24	0.48	5.86	0.00	42.73
	총계	111,691	3.12	11.86	0.61	6.82	0.00	739.62

2) 제조업에 대한 세부분류별 노출수준 및 특성

〈표 15〉와 같이 전체 업종 중 가장 많은 측정건수의 업종은 제조업이고, 이는 전체 건수의 86.4%(3,360건)에 해당하며, 아래 〈표 18〉과 같이 제조업에 대해 세부 분류별로 구분하였다.

제조업 중 가장 많이 측정이 된 업종은(소분류) 선박 및 보트 건조업으로 13,638건 나타났으며, 기타 금속 가공제품 제조업 9,780건, 기타 화학제품 제조업 8,119건 순으로 나타났다. 여기서 선박 및 보트 건조업의 경우, 선박을 건조, 도장, 코팅 등의 가공공정에서 페인트 및 신나 등의 사용으로 인해 노출이 클 것으로 추정되며, 기타 금속가공제품 제조업에서는 금속의 가공(도장/도포, 접착, 전처리 등)에 유기화합물 사용이 필수요소이므로 고농도의 측정치가 나타난 것으로 예상된다.

검출된 시료 중 산술평균이 가장 높은 업종(소분류)은 선박 및 보트 건조업으로 11.98 ppm이 나타났으며, 그 외 기타 운송장비 제조업 6.00 ppm, 철도장비 제조업 3.80 ppm 순으로 나타났다. 또한 기하평균이 가장 높은 업종(소분류)은 선박 및 보트 건조업으로 2.05 ppm이 나타났으며, 그 뒤로 철도장비 제조업 1.40ppm이고 그 외 기타 운송장비 제조업 1.23 ppm 순으로 나타났다.

특히 선박 및 보트 건조업의 경우에는, 측정건수도 가장 많고, 산술평균 및 기하평균이 가장 높았다. 또한 표준편차 및 기하표준편차 값이 30.36, 10.39으로 타 분류군보다 2배 이상으로 크게 나타났다. 이는 측정 데이터의 분포가 매우 넓게 형성되어 있으며, 일부 공정에서는 노출기준의 7배가 넘는 739.62 ppm이라는 초고농도의 측정치가 검출되고, 213건의 크실렌의 측정치가 노출기준(100 ppm)을 상회하고 있어 이들 값에 영향을 받은 것으로 추정된다.

〈표 16〉 제조업 세부 노출수준 및 특성

대분류	중분류	소분류	N	AM	SD	GM	GSD	min	max
제조업	1차 금속 제조업	1차 철강 제조업	1,670	1.73	4.29	0.46	5.94	0.00	67.74
	1차 금속 제조업	금속 주조업	833	1.40	3.42	0.39	5.51	0.00	60.74
	1차 금속 제조업	1차 비철금속 제조업	257	0.99	1.86	0.39	4.18	0.01	18.63
	가구 제조업	가구 제조업	1,447	1.75	2.99	0.67	4.85	0.00	51.66
	가죽, 가방 및 신발 제조업	신발 및 신발부분품 제조업	299	0.90	2.44	0.19	5.67	0.00	24.37
	가죽, 가방 및 신발 제조업	가죽, 가방 및 신발 제조업	23	0.66	1.05	0.28	4.47	0.01	4.78
	가죽, 가방 및 신발 제조업	가죽, 가방 및 유사제품 제조업	131	0.74	2.23	0.18	4.53	0.01	21.28
	고무제품 및 플라스틱제 품 제조업	고무제품 제조업	1,395	1.30	2.65	0.38	5.96	0.00	31.45
	고무제품 및 플라스틱제 품 제조업	플라스틱제 품 제조업	3,175	1.05	2.55	0.28	5.41	0.00	33.89
	금속가공제품 제조업; 기계 및 가구 제외	기타 금속가공제 품 제조업	9,780	2.48	5.38	0.67	5.84	0.00	85.24
	금속가공제품 제조업; 기계 및 가구 제외	무기 및 총포탄 제조업	153	3.31	17.72	0.41	6.41	0.00	189.50
	금속가공제품 제조업; 기계 및 가구 제외	구조용금속제 품, 탱크 및 증기발생기 제조업	2,674	2.76	5.71	0.77	5.81	0.00	81.92
	기타 기계 및 장비 제조업	특수 목적용 기계 제조업	3,561	2.11	4.45	0.49	7.02	0.00	74.46

〈표 16〉 계속

대분류	중분류	소분류	N	AM	SD	GM	GSD	min	max
제조업	기타 기계 및 장비 제조업	일반 목적용 기계 제조업	4,633	2.20	4.65	0.63	5.95	0.00	80.08
	기타 운송장비 제조업	그외 기타 운송장비 제조업	349	6.00	15.77	1.23	5.76	0.01	144.15
	기타 운송장비 제조업	선박 및 보트 건조업	13,638	11.98	30.36	2.05	10.39	0.00	739.62
	기타 운송장비 제조업	철도장비 제조업	211	3.80	6.39	1.40	4.81	0.00	42.83
	기타 운송장비 제조업	항공기, 우주선 및 부품 제조업	321	0.63	1.71	0.06	14.05	0.00	18.40
	기타 제품 제조업	귀금속 및 장신용품 제조업	66	1.68	4.28	0.57	3.84	0.03	29.54
	기타 제품 제조업	그외 기타 제품 제조업	1,511	1.76	4.16	0.43	5.92	0.00	58.61
	기타 제품 제조업	악기 제조업	118	1.13	1.62	0.52	3.81	0.01	10.70
	기타 제품 제조업	인형, 장난감 및 오락용품 제조업	39	2.09	2.77	0.91	4.91	0.00	12.03
	기타 제품 제조업	운동 및 경기용구 제조업	287	1.79	2.55	0.65	4.94	0.01	18.18
	목재 및 나무제품 제조업; 가구제 외	나무제품 제조업	1,225	1.57	2.71	0.57	5.06	0.00	48.12
	목재 및 나무제품 제조업; 가구제 외	제재 및 목재 가공업	145	1.26	1.89	0.49	4.55	0.01	14.54

〈표 16〉 계속

대분류	중분류	소분류	N	AM	SD	GM	GSD	min	max
C	제조업	비금속 광물제품 제조업 도자기 및 기타 요업제품 제조업	78	1.25	2.83	0.32	5.32	0.00	13.76
		비금속 광물제품 제조업 유리 및 유리제품 제조업	574	2.60	5.93	0.77	5.45	0.00	72.69
		비금속 광물제품 제조업 기타 비금속 광물제품 제조업	238	3.19	7.26	0.75	6.72	0.00	68.72
		비금속 광물제품 제조업 시멘트, 석회, 플라스터 및 그 제품 제조업	148	1.01	3.79	0.27	4.82	0.00	41.26
		섬유제품 제조업; 의복제외 직물직조 및 직물제품 제조업	65	1.50	2.77	0.35	5.75	0.01	12.57
		섬유제품 제조업; 의복제외 방직 및 가공사 제조업	12	0.48	0.43	0.36	2.13	0.10	1.52
		섬유제품 제조업; 의복제외 그외 기타 섬유제품 제조업	2	0.47	0.61	0.19	9.03	0.04	0.90
		섬유제품 제조업; 의복제외 기타 섬유제품 제조업	152	0.99	1.77	0.26	6.62	0.00	10.35
		섬유제품 제조업; 의복제외 섬유제품 염색, 정리 및 마무리가공업	315	0.99	1.83	0.29	5.78	0.00	12.11
		식료품 제조업 수산물 가공 및 저장 처리업	11	0.08	0.08	0.03	4.94	0.00	0.24
		식료품 제조업 동물성 및 식물성 유지 제조업	11	0.40	0.92	0.02	19.54	0.00	3.11
		식료품 제조업 도축, 육류 가공 및 저장 처리업	2	0.07	0.05	0.06	2.19	0.03	0.10

〈표 16〉 계속

대분류	중분류	소분류	N	AM	SD	GM	GSD	min	max
제조업	식료품 제조업	과실, 채소 가공 및 저장 처리업	11	0.27	0.22	0.15	4.21	0.00	0.55
	식료품 제조업	곡물가공품, 전분및전분제 품 제조업	3	0.23	0.23	0.16	2.66	0.09	0.50
	식료품 제조업	기타 식품 제조업	70	1.03	2.77	0.25	4.63	0.02	18.55
	식료품 제조업	낙농제품 및 식용빙과류 제조업	23	0.37	0.61	0.10	6.17	0.00	2.21
	음료 제조업	비알콜음료 및 얼음 제조업	4	2.15	2.25	1.07	4.80	0.16	4.99
	음료 제조업	알콜음료 제조업	4	0.29	0.29	0.12	8.68	0.01	0.70
	제조업	의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	132	2.08	2.84	0.78	5.12	0.00	14.12
		의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	58	0.65	0.83	0.29	4.08	0.01	3.31
		의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	41	0.70	0.71	0.40	3.34	0.01	3.10
		의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	210	1.74	5.56	0.37	5.34	0.01	48.99
		의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	339	1.74	2.84	0.64	4.80	0.00	26.96
		의료용 물질 및 의약품 제조업	102	0.25	0.54	0.08	4.97	0.00	3.52
		의료용 물질 및 의약품 제조업	40	0.76	1.25	0.18	6.50	0.00	6.19

〈표 16〉 계속

대분류	중분류	소분류	N	AM	SD	GM	GSD	min	max	
C	제조업	의료용 물질 및 의약품 제조업	의료용품 및 기타 의약품관련제품 제조업	52	0.68	1.31	0.23	4.30	0.01	6.56
		의복, 의복 액세서리 및 모피제품 제조업	봉제의복 제조업	4	0.96	1.40	0.48	3.49	0.20	3.06
		의복, 의복 액세서리 및 모피제품 제조업	의복 액세서리 제조업	26	1.18	1.75	0.42	5.57	0.01	6.85
		의복, 의복 액세서리 및 모피제품 제조업	모피가공 및 모피제품 제조업	2	0.14	0.15	0.10	3.58	0.04	0.25
		인쇄 및 기록매체 복제업	기록매체 복제업	7	0.23	0.25	0.12	3.89	0.01	0.60
		인쇄 및 기록매체 복제업	인쇄 및 인쇄관련 산업	4,504	1.50	3.02	0.45	5.45	0.00	40.53
		자동차 및 트레일러 제조업	자동차 부품 제조업	6,697	1.46	3.02	0.42	5.79	0.00	72.84
		자동차 및 트레일러 제조업	자동차용 엔진 및 자동차 제조업	2,482	1.37	3.90	0.33	5.95	0.00	74.87
		자동차 및 트레일러 제조업	자동차 차체 및 트레일러 제조업	682	2.31	4.53	0.64	5.91	0.00	39.25
		전기장비 제조업	전동기, 발전기 및 전기변환· 공급제어 장치 제조업	1,171	1.62	4.37	0.44	5.57	0.00	92.18
	전구 및 조명장치 제조업	188	0.97	1.91	0.27	5.15	0.01	13.64		

〈표 16〉 계속

대분류	중분류	소분류	N	AM	SD	GM	GSD	min	max
제조업	전기장비 제조업	일차전지 및 축전지 제조업	67	1.14	1.25	0.50	4.74	0.00	5.12
	전기장비 제조업	절연선 및 케이블 제조업	444	1.08	2.22	0.32	5.35	0.00	18.81
	전기장비 제조업	기타 전기장비 제조업	319	1.30	4.38	0.31	5.60	0.00	58.30
	전기장비 제조업	가정용 기기 제조업	202	1.10	1.97	0.32	6.05	0.00	16.44
	전자부품,컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	영상 및 음향기기 제조업	63	0.79	1.55	0.20	6.93	0.00	9.13
	전자부품,컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	마그네틱 및 광학 매체 제조업	26	0.39	0.60	0.16	3.83	0.01	2.69
	전자부품,컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	반도체 제조업	132	1.13	4.26	0.15	7.76	0.00	35.46
	전자부품,컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	전자부품 제조업	2,760	1.11	2.60	0.34	5.36	0.00	44.45
	전자부품,컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	컴퓨터 및 주변장치 제조업	77	0.59	1.08	0.17	5.28	0.01	5.66
	전자부품,컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	통신 및 방송 장비 제조업	199	1.35	3.56	0.34	5.97	0.00	43.51
	코크스, 연탄 및석유정제 품 제조업	석유 정제품 제조업	303	0.40	1.25	0.09	6.11	0.00	18.16
	파이프라인 운송업	파이프라인 운송업	6	2.00	4.12	0.28	9.35	0.03	10.37

〈표 16〉 계속

대분류	중분류	소분류	N	AM	SD	GM	GSD	min	max
C 조 업	펄프, 종이 및 종이제품 제조업	펄프, 종이 및 판지 제조업	196	0.72	1.17	0.19	6.96	0.00	7.25
	펄프, 종이 및 종이제품 제조업	골판지, 종이 상자 및 종이 용기 제조업	177	0.64	2.19	0.16	4.98	0.00	25.82
	펄프, 종이 및 종이제품 제조업	기타 종이 및 판지 제품 제조업	271	0.87	3.91	0.22	4.78	0.00	54.73
	화학물질 및 화학제품 제조업;의약품 제외	기초화학물 질 제조업	901	1.11	3.00	0.21	7.54	0.00	49.63
	화학물질 및 화학제품 제조업;의약품 제외	화학섬유 제조업	16	1.58	2.90	0.31	7.66	0.01	9.50
	화학물질 및 화학제품 제조업;의약품 제외	합성고무 및 플라스틱 물질 제조업	1,170	1.10	3.29	0.29	4.97	0.00	48.69
	화학물질 및 화학제품 제조업;의약품 제외	기타 화학제품 제조업	8,119	2.21	4.21	0.73	5.48	0.00	77.39
	화학물질 및 화학제품 제조업;의약품 제외	비료 및 질소화합물 제조업	15	1.22	1.76	0.46	5.06	0.05	6.96

3) 특정공정의 노출특성

전체 크실렌의 측정건수 111,691건 중 가장 측정시료수가 많은 작업공정은 53,773건으로 도장 공정이었다. 여기서 작업환경 측정시 작업공정을 기입할 때, 실제 작업하는 작업명을 쓰기도 하지만 1공장, 협력사 상호명, 층수, 등을 사용하기도 하므로 작업환경측정 결과서 통계만 가지고는 정확히 작업자가 하는 일에 대한 알 수가 없어 업종/규모별 노출특성 구분시

제외시켰으며, 불명확하게 기입된 공정명, 아예 공정이 누락된 측정데이터 또한 제외하고 처리를 하였다.

크실렌의 경우, 사용하는 페인트에 성분보다는 신나에 50% 이상 많이 함유되어 있었다. 페인트를 희석할 때 주로 사용하며, 제품을 세척하는 용도로도 쓰이므로 여러 공정에서 넓게 분포되어 있었다.

도장 공정에 대한 전체 측정건수 중 제조업이 31,975건으로 가장 나타났다, 협회 및 단체, 수리 및 기타 개인 서비스업 19,276건, 건설업 1,054건 순으로 나타났다(<표 17>).

협회 및 단체, 수리 및 기타 개인 서비스업의 경우에는, 톨루엔과 마찬가지로 전국 1,2급 공업사가 포함되어졌고, 건설업은 건축물 시공시 도료 및 신나 사용 등이 영향을 미친 것으로 추정된다.

도장 공정에 대한 측정건수가 가장 많은 규모는 10명~49명으로, 21,513건이 나타났으며, 10명 미만 사업장 14,453건, 100명~299명 5,163건 순으로 나타났다.

<표 17> 특정공정의 업종/규모별 노출특성

공 정	대분류	규모(명)								합계
		<10	10~49	50~ 99	100~ 299	300~ 999	1000~ 4999	5000~ 9999	> 10000	
	건설업	123	248	121	217	187	128	26	4	1,054
	공공행정, 국방 및 사회보장 행정	7	2	2	-	-	2	-	-	13
도 장	광업	4	3	-	3	-	-	-	-	10
	교육 서비스업	-	1	-	2	-	-	-	-	3
	도매 및 소매업	70	154	88	28	1	16	-	-	357

〈표 17〉 계속

공 정	대분류	규모(명)								합계
		<10	10~49	50~ 99	100~ 299	300~ 999	1000~ 4999	5000~ 9999	> 10000	
	보건업 및 사회 복지 서비스업	7	-	-	1	1	-	-	-	9
	부동산업 및 임대업	5	21	-	-	-	-	-	-	26
	사업시설관리 및 사업지원 서비스업	4	18	19	8	6	-	-	-	55
	숙박 및 음식점업	-	1	2	1	22	6	-	-	32
	예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업	-	-	-	-	-	18	-	-	18
	운수업	28	40	36	96	77	82	-	-	359
도 장	전기, 가스, 증기 및 수도사업	1	1	2	1	6	4	288	-	303
	전문, 과학 및 기술 서비스업	19	44	9	41	-	-	-	-	113
	제조업	4,877	11,724	3,928	4,511	2,584	2,401	757	1,193	31,975
	출판, 영상, 방송통신 및 정보서비스업	-	-	1	-	-	-	-	-	1
	하수·폐기물 처리, 원료재생 및 환경복원업	4	40	1	-	-	-	-	-	45
	협회 및 단체, 수리 및 기타 개인 서비스업	9,292	9,169	580	232	3	-	-	-	19,276
	정보없음	12	47	8	22	31	4			124
	총계	14,453	21,513	4,797	5,163	2,918	2,661	1,071	1,197	53,773

4) 규모별 노출수준 및 특성

검출된 111,691건 시료 중 가장 많은 규모는 10명~50명 미만의 사업장으로 37,794건이 나타났다.

검출된 시료 중 산술평균이 가장 높은 규모는 10,000명 초과하는 사업장으로 15.15 ppm이 나타났으며, 5,000명~9,999명 8.35 ppm, 1,000명~4,999명 4.77 ppm 순으로 나타났다. 또한 기하평균이 가장 높은 규모는 5,000명~9,999명으로 1.87 ppm이 나타났으며, 10,000명이상 사업장이 0.92 ppm, 300명~999명 0.87 ppm 순으로 나타났다.

산술평균이 가장 높은 상위 3개 규모의 사업장은 근로자수가 1,000명 이상되는 중대이상의 규모로 나타났고, 기하평균 또한 규모가 큰 사업장이 측정치가 크게 나타났다. 또한, 선박 및 보트 건조업의 업종에 집중되어 나타났다.

10,000명 이상 규모의 사업장의 경우, 일부 측정공정의 농도가 739.62 ppm으로 노출기준(100 ppm)의 7배를 초과하였으며, 표준편차가 45.30, 기하표준편차가 19.58로 매우 높게 나타났다. 이는 측정치가 여러가지 업종, 다양한 작업현장 등에서 취합된 것으로 매우 넓은 범위에 다양하게 분포되어 있으며, 노출기준을 초과하는 데이터가 포함되어 있어 평균 및 편차에 영향을 미친 것이라 추정된다.

규모별 크실렌의 노출수준 및 특성은 아래 <표 18>와 같다.

<표 18> 규모별 노출수준 및 특성

규모(명)	N	AM	SD	GM	GSD	min	max
>10000	4,619	15.15	45.30	0.92	19.58	0.00	739.62
5000~9999	1,947	8.35	15.98	1.87	6.69	0.00	145.24
1000~4999	6,599	4.77	12.18	0.68	10.31	0.00	297.23

〈표 18〉 계속

규모(명)	N	AM	SD	GM	GSD	min	max
300~999	11,222	3.61	8.94	0.87	6.56	0.00	189.50
100~299	15,296	2.98	8.93	0.56	6.92	0.00	263.49
50~99	13,198	2.45	7.69	0.53	6.46	0.00	310.19
10~49	37,794	1.98	4.46	0.56	5.71	0.00	133.61
<10	21,016	1.80	3.62	0.54	5.78	0.00	75.90
총계	111,691	3.12	11.86	0.61	6.82	0.00	739.62

5) 일정규모에 대한 세부 노출특성

〈표 18〉와 같이 전체 규모 중 가장 많은 측정건수의 규모는 10명~49명이다. 이는 크실렌 총 측정건수 111,691건 중 33.8%(37,794건)에 해당하며, 〈표 19〉와 같이 10명~49명에 대해 업종별 세부 구분하였다.

10명~49명 규모의 사업장에서 가장 많은 업종은 제조업으로 26,423건 나타났으며, 협회 및 단체, 수리 및 기타 개인서비스업 9,794건, 도매 및 소매업 370건 순으로 나타났다. 여기서 협회 및 단체, 수리 및 기타 개인서비스업의 경우에는 전국 1, 2급 공업사(차량수리)가 포함되어 있어 측정치는 높지 않지만, 측정건수는 많은 것으로 추정된다.

검출된 시료 중 산술평균이 가장 높은 업종은 건설업 4.33 ppm이 나타났으며, 사업시설관리 및 사업지원 서비스업 3.27 ppm, 전기, 가스, 증기 및 수도사업 2.96 ppm 순으로 나타났다. 또한 기하평균이 가장 높은 업종은 사업시설관리 및 사업지원 서비스업 1.41 ppm이 나타났으며, 그 뒤로

보건업 및 사회복지 서비스업 1.38 ppm, 전기, 가스, 증기 및 수도사업 1.33 ppm 순으로 나타났다.

산술평균이 높은 사업시설관리 및 사업지원 서비스업의 경우에는 인력고용 및 고용알선업이 포함되어 있어 많은 근로자들이 인력회사를 통해 고농도로 노출되는 유해한 업종의 직무를 이행하고 있다고 추정된다.

또한, 사업시설관리 및 사업지원 서비스업은 청소업이 포함되는데, 이는 유해한 세척제 등을 사용하여 근무를 하거나, 밀폐된 장소에서의 작업, 환기시설이 충분하지 못한 곳에서의 작업으로 인해 기하평균값이 크다고 추정된다.

전기, 가스, 증기 및 수도사업이 상위 3위에 오른 것은 측정된 시료(n=7)의 수가 적기 때문으로 추정된다.

〈표 19〉 일정규모(10명~49명)에 대한 세부 노출특성

규모	업종	N	AM	SD	GM	GSD	min	max
10~49명	A 농업, 임업 및 어업	6	0.21	0.18	0.13	3.41	0.03	0.43
	B 광업	4	0.31	0.04	0.31	1.12	0.27	0.36
	C 제조업	26,423	2.00	4.69	0.52	5.94	0.00	133.61
	D 전기, 가스, 증기 및 수도사업	7	2.96	3.38	1.33	4.32	0.26	8.02
	E 하수·폐기물 처리, 원료재생 및 환경복원업	246	0.96	1.75	0.45	3.46	0.01	14.17
	F 건설업	352	4.33	8.65	1.10	6.65	0.00	77.53
	G 도매 및 소매업	370	2.38	5.17	0.62	6.07	0.00	46.33

〈표 19〉 계속

규모	업종	N	AM	SD	GM	GSD	min	max
10~49명	H 운수업	78	1.18	2.06	0.43	4.67	0.01	13.51
	I 숙박 및 음식점업	1	1.23	-	1.23	-	1.23	1.23
	J 출판, 영상, 방송통신 및 정보서비스업	66	1.02	0.97	0.43	5.50	0.01	3.30
	K 금융 및 보험업	-	-	-	-	-	-	-
	L 부동산업 및 임대업	21	2.61	3.61	0.95	5.63	0.03	11.87
	M 전문, 과학 및 기술서비스업	144	0.80	1.21	0.32	4.36	0.01	6.37
	N 사업시설관리 및 사업지원 서비스업	32	3.27	3.49	1.41	6.01	0.01	15.50
	O 공공행정, 국방 및 사회보장 행정	11	0.29	0.25	0.16	4.06	0.01	0.83
	P 교육서비스	4	0.14	0.17	0.08	3.13	0.03	0.39
	Q 보건업 및 사회복지 서비스업	150	2.72	4.19	1.38	3.64	0.01	37.21
	R 예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업	4	0.32	0.08	0.32	1.30	0.23	0.43
	S 협회 및 단체, 수리 및 기타 개인서비스업	9,794	1.88	3.59	0.67	5.06	0.00	56.98
	T 가구내고용활동 및달리분류되지 않은자가소비	-	-	-	-	-	-	-
	U 국제 및 외국기관	-	-	-	-	-	-	-
	- 정보없음	81	1.44	3.71	0.34	5.76	0.00	23.88

6) 규모별 노출기준에 대한 특성

크실렌의 전체 측정건수는 111,691건에서 노출기준을 초과한 건수는 218건으로 나타났으며, 노출기준 50%초과 건수는 814건, 노출기준 초과한 건수 중 2배 이상 초과건수는 57건으로 나타났다.

50% 이상 초과한 측정건수 중 규모별로 살펴보면 10,000명 이상의 규모에서 346(42.5%)건으로 가장 많은 측정건수가 나타났다. 규모별 노출기준(50%이상)에 대한 분포는 <표 20>와 같다.

10,000명 이상되는 대규모 사업장의 경우, 앞에서 언급했다시피 선박 및 보트 건조업에서 고농도의 측정치를 보였으며, 이는 가공공정(도장, 코팅, 혼합 등)에서 사용하는 페인트, 신나의 영향으로 추정된다.

<표 20> 규모별 노출기준(50%이상)에 대한 특성

규모(명)	50%~99%	100%~ 199%	>200%	계	max (ppm)	노출기준 (TWA)
>10000	185	108	53	346	739.62	100 ppm
5000~9999	69	3	0	72	145.24	
1000~4999	92	10	1	103	297.23	
300~999	76	9	0	85	189.50	
100~299	83	20	1	104	263.49	
50~99	46	8	2	56	310.19	
10~49	37	3	-	40	133.61	
<10	8	-	-	8	75.90	
총계	596	161	57	814	739.62	

제 4 장 결 론

본 연구는 전국 작업환경 측정기관에서 2012년부터 2016년까지 실시한 벤젠, 톨루엔 및 크실렌에 대한 작업환경측정 결과자료를 분석하여, 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 벤젠의 5년간 측정건수가 27,013건이었으며, 이 중에서 3,958건(14.7%)의 시료에서 벤젠이 정량되었고, 23,055건(85.3%)은 정량한계 미만이었다. 정량된 벤젠 측정건수는 2012년 682건(측정건수 대비 16.3%), 2013년 695건(측정건수 대비 15.0%), 2014년 862건(측정건수 대비 15.6%), 2015년 916건(측정건수 대비 15.2%), 2016년 803건(측정건수 대비 12.1%)로 나타났다. 5년간 노출기준을 초과한 건수는 91건으로 정량된 측정건수의 2.3%였다.

2. 벤젠이 정량적으로 측정된 측정치의 5년간 산출평균은 0.12 ppm, 표준편차는 0.19 ppm이었고, 기하평균은 0.05 ppm, 기하표준편차는 4.87이었다.

3. 벤젠이 정량된 3,958건 중에서 제조업이 84.9%(3,360건)를 차지하였으며, 건설업이 2.6%(102건) 그리고 전문, 과학 및 기술서비스업 2.3%(91건)의 순으로 나타났다. 벤젠이 검출된 단일 작업장으로는 실험실이 506건으로 가장 높게 나타났다.

4. 톨루엔의 5년간 측정건수는 323,526건이었으며, 이 중에서 191,482건(59.2%)의 시료에서 톨루엔이 정량되었고, 132,044건(40.8%)은 정량한계 미만이었다. 정량된 톨루엔 측정건수는 2012년 37,067건(측정건수 대비 67.1%), 2013년 37,636건(측정건수 대비 61.1%), 2014년 38,667건(측정건수 대비 58.2%), 2015년 39,281건(측정건수 대비 57.3%), 2016년 38,831건(측정건수 대비 59.2%)으로 나타났다. 5년간 노출기준을 초과한 건수는 338건으로 정량된 측정건수의 0.18%에 불과한 것으로 나타났다.

5. 톨루엔이 정량적으로 측정된 측정치의 5년간 산출평균은 3.23 ppm, 표준편차는 6.76 ppm이었고, 기하평균은 0.75 ppm, 기하표준편차는 6.68 이었다.

6. 크실렌의 5년간 측정건수는 243,058건이었으며, 이 중에서 113,365 건(46.6%)의 시료에서 정량되었고, 129,693건(53.4%)은 정량한계 미만이었다. 정량된 크실렌 측정건수는 2012년 22,446건(측정건수 대비 56.4%), 2013년 22,116건(측정건수 대비 48.8%), 2014년 23,109건(측정건수 대비 45.5%), 2015년 22,988건(측정건수 대비 44.2%), 2016년 22,704건(측정건수 대비 41.3%)으로 나타났다. 5년간 노출기준을 초과한 건수는 218건으로 정량된 측정건수의 0.19%에 불과하였다.

7. 크실렌이 정량적으로 측정된 측정치의 5년간 산출평균은 3.12 ppm, 표준편차는 11.86 ppm이었고, 기하평균은 0.61 ppm, 기하표준편차는 6.82 이었다.

참 고 문 헌

1. 국내문헌

고용노동부. (2016). 『화학물질 및 물리적 인자의 노출기준-고용노동부고시 제2016-41호』. 세종: 고용노동부.

고용노동부. (2017). 『산업안전보건법-법률 제13906호』. 세종: 고용노동부.

고용노동부. (2017). 『작업환경측정 및 지정측정기관 평가 등에 관한 고시-고용노동부고시 제2017-27호』. 세종: 고용노동부.

정재민. (2012). 『일부 공단지역의 작업환경측정결과 자료분석을 통한 유해인자 노출수준 및 특성에 관한 연구』. 한성대학교 대학원 석사 학위논문.

박정수. (2014). 『2010년부터 2012년까지 충북지역 일부 작업환경 측정자료 분석을 통한 화학물질 노출특성에 관한 연구』. 한성대학교 대학원 석사 학위논문.

2. 국외문헌

ACGIH. (2016). *TLV & BEL*. Cincinnati: ACGIH.

ABSTRACT

A Study on Characteristics of Workers' Exposure to Benzene, Toluene and Xylene based on annual workplace measurement data for 2012~2016

Yun, Hyung-Jin

Major in Industrial Hygiene Engineering

Dept. of Mechanical Systems Engineering

The Graduate School

Hansung University

The annual workplace measurement data during the year of 2012 to 2016 was analyzed to characterize the workers' exposure to benzene, toluene and xylene.

1. Total number of measurements for benzene for 5 years was 27,013. The number of samples quantitatively reported was 3,958(14.7%) and 23,055 samples were found under the quantification limit. The number of samples quantitatively reported was 682(16.3% among total quantified samples) in 2012; 695(15.0%) in 2013; 862(15.6%) in 2014; 916(15.2%) in 2015; 803(12.1%) in 2016.

2. Total 91(2.3%) samples exceeded the Korean Occupational Limit (1 ppm) for 5 years. Arithmetic mean was 0.12 ppm and standard deviation was 0.193 ppm. Geometric mean was 0.047 ppm and

geometric standard deviation was 4.87.

3. Total number of measurements for toluene for 5 years was 323,526. The number of samples quantitatively reported was 191,482(59.2%) and 132,044 samples were found under the quantification limit. The number of samples quantitatively reported was 37,067(67.1% among total quantified samples) in 2012; 37,636(61.1%) in 2013; 38,667(58.2%) in 2014; 39,281(57.3%) in 2015; 38,831(54.2%) in 2016.

4. Total 338(0.18%) samples exceeded the Korean Occupational Limit (50 ppm) for 5 years. Arithmetic mean was 3.23 ppm and standard deviation was 6.76 ppm. Geometric mean was 0.75 ppm and geometric standard deviation was 6.68.

5. Total number of measurements for xylene for 5 years was 243,058. The number of samples quantitatively reported was 113,365(46.6%) and 129,693 samples were found under the quantification limit. The number of samples quantitatively reported was 22,446(56.4% among total quantified samples) in 2012; 22,118(48.8%) in 2013; 23,109(45.5%) in 2014; 22,988(44.2%) in 2015; 22,704(41.3%) in 2016.

6. Total 218(0.19%) samples exceeded the Korean Occupational Limit (100 ppm) for 5 years. Arithmetic mean was 3.12 ppm and standard deviation was 11.86 ppm. Geometric mean was 0.61 ppm and geometric standard deviation was 6.82.

【Keywords】 workers' exposure to benzene, toluene, xylene