

5인 이상 제조업에서 설문조사를 통한 작업환경측정 대상 사업장의 규모 추정

박진욱* · 김승원 · 양선희¹ · 류향우² · 김은아²

계명대학교 공중보건학과, ¹동산의료원 직업환경의학과, ²산업안전보건연구원 직업건강연구실

Estimating the Number of Target Workplaces for Work Environment Monitoring using Survey Data among Manufacturing Businesses with More than Five Employees in 2016

Jinwook Bahk* · Seung-Won Kim · Seon-Hee Yang¹ · Hyang Woo Ryu² · Eun-A Kim²

Department of Public Health, Keimyung University

¹Department of Occupational and Environmental Medicine, Keimyung University Dongsan Medical Center

²Occupational Health Research Department, Occupational Safety and Health Research Institute

ABSTRACT

Objectives: This study aimed to estimate the number and proportion of target workplaces for work environment monitoring and evaluate the implementation rate of work environment monitoring.

Methods: A questionnaire survey was conducted by the Ministry of Employment and Labor between March and May 2017 among 96,295 manufacturing businesses with more than five employees. The response rate was 17.8%. Estimates of the number and proportion of target workplaces for work environment monitoring were calculated as follows: number of workplaces where work environment monitoring was performed in 2016 + exposure rate based on the questionnaire * number of workplaces where work environment monitoring was not conducted.

Results: Of the 150,655 total manufacturing businesses with more than five employees, 63,146 are estimated to be subject to work environment monitoring, which accounted for 41.9% of the workplaces. It is estimated that 73.3% of the target workplaces performed work environment monitoring. The number of workers exposed to hazardous substances is estimated to be about 0.7~1.2 million.

Conclusions: Information on the distribution of workplaces subject to work environment monitoring and the rate of implementation can be used as baseline information for management and evaluation of the effectiveness of the work environment monitoring system.

Key words: estimation, target workplace, work environment monitoring

I. 서 론

작업환경측정은 유해인자로부터 노동자의 건강을 보호하기 위한 대표적인 산업안전보건제도 중 하나이다. 산업안전보건법은 작업환경측정 대상 유해인자에 노출되는 근로자가 있는 작업장에 대하여 정기적으로

작업환경측정을 실시하고 그 결과를 고용노동부에 보고하도록 규정하고 있다. 작업환경측정을 실시하지 않은 사업장의 경우 과태료를 부과하도록 규정하고 있지만 업종별 혹은 사업장 규모별 작업환경측정 대상이 되는 사업장의 수와 같은 대상 집단의 분포에 대한 정보가 없는 상태에서 사업주가 보고한 작업환

*Corresponding author: Jinwook Bahk, Tel: 053-580-5100, E-mail: jwbahk@kmu.ac.kr

Department of Public Health, Keimyung University, 1095, Dalgubeol-daero, Dalseo-gu, Daegu, 42601, South Korea

Received: June 10, 2018, Revised: June 22, 2018, Accepted: June 24, 2018

© Jinwook Bahk <https://orcid.org/0000-0002-7715-9955>

© Seung-Won Kim <https://orcid.org/0000-0003-2960-5866>

© Seon-Hee Yang <https://orcid.org/0000-0002-2487-1324>

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

경측정 결과만을 이용해서는 실질적인 작업환경측정 이행율을 알 수 없다. 작업환경측정 대상이 되는 사업장의 지역별, 업종별, 사업장 규모별 등 분포에 대한 정보를 가지고 있다면, 보고된 결과들을 토대로 미이행 사업장이 집중되어 있는 집단을 선정할 수 있고 집중적인 관리감독에 나설 수 있다. 즉, 근로자의 건강 보호와 쾌적한 작업환경 조성이라는 목적 달성을 위해 작업환경측정 대상자의 규모와 이행률에 대한 정보가 우선적으로 파악될 필요가 있다. 대상 집단에 대한 기초 정보 없이는 위험 집단에 대한 중재와 정책 평가 역시 제대로 이루어지기 어렵기 때문이다 (Goldenhar et al., 2001).

현재까지 작업환경측정 대상 유해인자를 취급하고 있는 사업장과 작업환경측정 실시 여부를 파악할 수 있는 공식적인 통계는 없다. 환경부에서 실시하는 화학물질 통계조사가 산업안전보건법에서 지정하고 있는 화학물질들을 취급하는 사업장에 대한 조사를 포함하고는 있으나 작업환경측정 실시 여부는 파악할 수 없다. 또한 화학물질 통계조사에서 일반화학물질 중 취급량이 1 톤/년 미만인 경우와 유해화학물질 취급량이 100 kg/년 미만인 경우 조사대상에서 제외되므로 작업환경측정대상이 되는 사업장이 누락될 수 있다. 특히 작업 공정 중 일부에서 유해화학물질을 소량으로 사용하거나, 소량의 다품종 화학물질을 사용할 가능성이 높은 소규모 사업장의 경우 조사대상에서 제외될 가능성이 있다.

인구집단 대표성을 갖는 표본을 통한 조사 결과를 이용해 작업환경측정 대상의 규모를 추정하는 방식도 고려할 수 있다. 장시간 근로나 소음, 발암물질 등에 노출되는 노동자의 분율 추정에 표본조사 결과를 이용하는 방식은 국내외 연구에서 사용된 바 있다 (Tak et al., 2009; Kim, 2011; Macdonald et al., 2012; Williams, 2013; Carey et al., 2014). 그러나 작업환경측정 실시 여부를 파악할 수 있는 국내 표본조사자료는 없다. 작업환경측정대상 사업장과 대상 근로자의 규모 추정에 이용 가능한 국내 자료원은 일부 있지만 한계를 가지고 있다. 예를 들어 근로환경조사는 작업 중 진동, 소음, 고온, 저온, 분진이나 유기용제에서 발생한 증기의 흡입, 화학물질 취급 등에 관한 노출 정도를 측정하는 설문 문항을 포함하고 있으며 (KOSHA, 2016), 국민건강영양조사의 경우 소음 발생

사업장에서 근무한 기간을 묻는다(MoHW, 2018). 그러나 국민건강영양조사의 경우 40세 이상의 인구집단만을 문항의 응답대상으로 하고, 설문 문항도 평생 동안 중 소음 작업에 근무한 기간을 묻고 있어 특정 시점에서 작업 중 소음에 노출되는 인구집단의 규모를 추정하는 자료로는 사용될 수 없다. 근로환경조사의 경우에는 경제활동인구 통계를 고려한 개인별 가중치를 제공하고 있으나, 가중치의 총합이 표본수와 일치하도록 계산되어 제공되기 때문에 업종이나 사업장 규모별로 노출되는 분율은 계산 가능하지만 모집단에서의 노출 인구 수를 직접적으로 산출할 수 없다. 또한 유기용제 등 화학물질의 세부적인 품목을 알 수 없어 작업환경측정 대상 유해인자가 아닌 경우에도 노출 집단에 포함될 가능성이 높으며, 개인 수준에서 측정된 자료이므로 유해인자 취급 대상 사업장에서 근무하더라도 본인이 취급하고 있지 않다면 사업장 단위의 업종이나 규모에 따른 노출률의 추정치는 편향된 결과를 가져오게 된다.

활용 가능한 공식 통계나 표본조사 자료가 부재한 상황에서, 고용노동부는 작업환경측정 대상 화학물질을 사용하는 사업장의 규모를 파악하고 관리에 활용하기 위해 2016년에 작업환경측정을 실시하지 않은 5인 이상 제조업 사업장을 대상으로 작업환경측정 실태조사를 우편 설문조사 형태로 실시하였다. 이 조사는 국내 최초의 화학물질 관련 작업환경측정 실태를 파악하기 위한 5인 이상 제조업 사업장에 대한 전수 조사라는 점에서 의의가 있다. 본 연구는 고용노동부에서 실시한 설문조사 결과를 분석하여 작업환경측정 대상 화학물질을 사용하는 사업장 및 노출 근로자의 규모와 작업환경측정 이행률의 추정치를 산출하였다. 이를 통해 향후 실효성 있는 작업환경측정제도 운영을 위한 기초자료 제공에 기여하고자 한다.

II. 대상 및 방법

1. 연구대상

분석에 이용한 자료는 2017년 3월부터 5월까지 고용노동부가 우편조사를 통해 수집한 설문 조사 자료이다. 고용노동부는 2016년 기준 5인 이상 제조업 및 비금속광물 광업;연료용 제외, 출판업, 수리업사업장(이하 제조업) 150,655개 중 2016년에 작업환경측정을 실

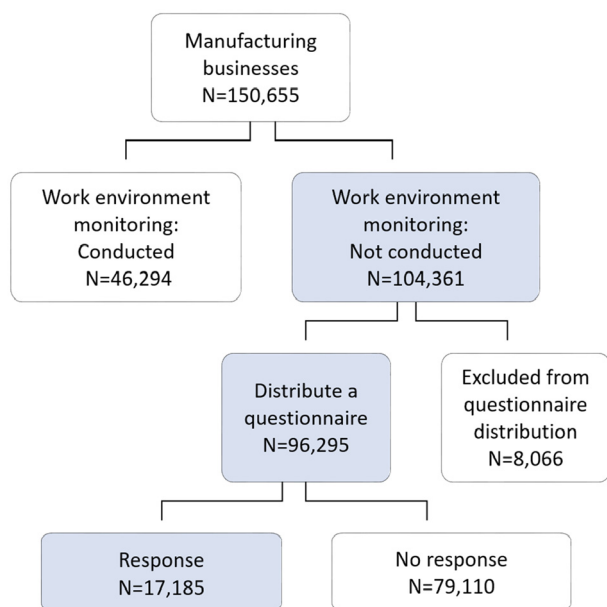


Figure 1. Study profile of survey distributed among manufacturing businesses in 2016

시하지 않은 96,295개의 사업장에 작업환경측정 실태를 조사하는 우편 설문을 배포하였다. 2016년 작업환경측정조사를 실시하지 않는 제조업 사업장은 104,361개였으나 이 중 8,066개 사업장은 배포 대상에서 누락되었다. 설문을 배포한 96,295개의 사업장 중 17,185개의 사업장이 설문에 응답하였으며, 응답률은 17.8%였다. 설문의 배포 구조와 응답률은 Figure 1과 같다.

설문은 사업장 기본사항(사업장명, 대표자명, 주소, 종사자수, 사업자번호, 전화번호, 업종), 제조·사용·취급 화학물질명과 사용량(공정/부서, 화학물질명, 월간사용량, 노출종사자 수)을 직접 기입하도록 구성되었다. 수거한 17,185개의 설문을 스프레드시트에 입력한 후 분석에 이용하였다. 수거된 설문의 분석에 있어서 사업장 기본정보의 정확성을 기하기 위해 17,185개의 설문 결과를 고용노동부의 설문 배포 사업장 기록과 연계하였다. 두 자료 간의 연계에는 사업자번호를 우선적으로 이용하였다. 고유한 사업자번호를 가지고 있는 사업장의 경우 사업자번호를 기준으로 고용노동부의 설문 배포 사업장 명단과 설문 응답 자료를 연계하였다(15,052개 응답 사업장). 고용노동부의 설문 배포 사업장 명단에서 동일한 사업자번호로 여러 지역에 사업장을 가지고 있는 8,646개 사업장(사업자 번호 기준 2,985개: 사업장 개수 최소 2개~최대 245개의 동일한 사업자번호 사업장)의 경우 사업자

번호와 더불어 지역(광역시도) 정보를 이용하여 자료를 연계하였다(1,298개 응답사업장). 자료의 분석에는 고용노동부에 등록된 사업장 정보(지역, 업종, 사업장 규모 등)를 이용하였다.

전체 17,185개의 응답 자료 중 설문 문항의 결측, 설문 기입 자료의 부정확 또는 입력 오류 등으로 설문 배포 사업장 목록에서 일치하는 사업장을 찾을 수 없었던 835개의 사업장(설문 응답 사업장의 4.9%)은 분석에서 제외하였다. 최종적으로는 고용노동부의 설문 배포 사업장 명단과 연계된 16,350개 사업장(전체 응답 자료의 95.1%)을 분석에 이용하였다.

2. 연구 방법

설문 응답 항목 중 제조·사용·취급하는 화학물질이 산업안전보건법에 따라 노출기준이 설정된 717개 물질에 해당하는 경우(2016년 기준)각 물질의 CAS 번호를 자료의 입력 과정에서 추가하였다. 단, 설문의 기입 내용이 화학물질의 혼합물 등으로 의심되나 정확히 어떠한 화학물질의 혼합인지 알 수 없는 경우 등에 대해서는 CAS 번호를 입력하지 않았다. 사업장에서 설문에 기입한 화학물질 중 하나 이상이 산업안전보건법 시행규칙에 따른 작업환경측정 대상 유해인자에 해당하는 경우 측정대상 사업장으로 정의하였다.

2016년 기준 5인 이상 제조업에서 작업환경측정 실시 여부와 설문을 통해 수집한 작업환경측정 대상 화학물질의 제조·사용·취급 여부에 대한 정보를 이용하여 Figure 2와 같이 집단을 나누고, 이들 집단에 대해 지역별, 업종별, 사업장 규모별로 노출률(exposure rate)과 이행률(implementation rate)을 추정하였다. 노출률은 사업장 및 근로자 각각에 대해, 이행률은 사업장에 대해 다음의 방식으로 산출하였다. 노출률은 전체 사업장(A) 중 작업환경측정 대상 화학물질에 노출되는 사업장(B)의 비율로 정의하였고, 작업환경측정 대상이 되는 사업장의 비율을 의미한다. 이행률은 작업환경측정 대상 화학물질에 노출되는 사업장(B) 중 작업환경측정을 실시한 사업장(C)의 비율로 정의하였다. 지역은 16개 광역시도별(세종시 제외), 업종은 표준산업분류의 중분류 이용한 27개 업종별, 사업장 규모별로는 5-9인, 10-15인, 16-29인, 30-49인, 50-99인, 100-199인, 200-299인, 300-499인, 500-999인, 1,000-1,999인, 2,000인 이상의 11개 집단으로 구분하여 노출률과 이행률을 추정하였다.

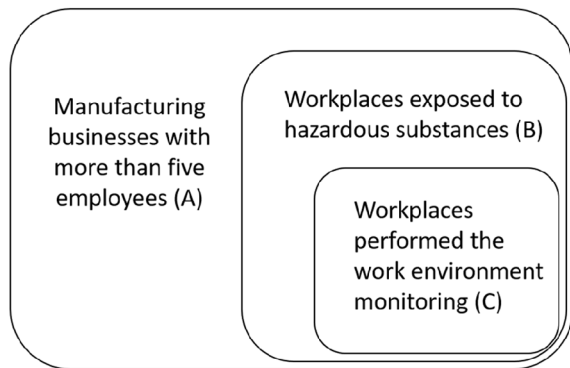


Figure 2. The conceptual framework for subset groups

작업환경측정 대상사업장추정치는 [작업환경측정을 실시한 사업장 수 + 설문에서의 화학물질사용률 * 작업환경측정 미실시 사업장 수]의 식을 이용하여 산출하였다. 여기서 작업환경측정대상 사업장이란 작업환경측정 대상이 되는 유해 화학물질을 제조·사용·취급하는 사업장을 의미한다. 작업환경측정 이행률은 추정된 작업환경측정 대상 사업장 수를 작업환경측정을 실시한 사업장의 수로 나누어 구하였다. 예를 들어 2016년 기준 5인 이상 제조업 사업장 전체 150,655개 사업장 중 작업환경측정을 실시한 사업장은 46,294개였고, 작업환경측정을 실시하지 않아 설문의 배포 대상이 된 사업장은 96,295개였다. 96,295개 사업장 중 설문 결과를 바탕으로 추정한 한 개 이상의 측정 대상 화학물질에 노출되는 사업장 비율은 17.5%로 미응답 사업장도 동일한 노출 분포를 보인다고 가정할 경우 미측정 사업장 중 측정 대상 사업장은 16,852개이다. 이미 측정을 진행한 사업장과 노출될 것으로 추정되는 사업장 수를 더하면 63,146개 사업장으로 노출률은 전체 제조업의 41.9%에 해당한다. 작업환경측정 이행률은 추정된 측정대상 사업장 63,146개를 작업환경측정을 실시한 사업장 46,294개로 나눈 73.3%로 구해진다. 이러한 추정 방식은 다음의 네 가지 가정을 전제로 한다. 첫째, 작업환경측정을 실시한 사업장의 경우 측정 대상 화학물질을 사용하고 있기 때문에, 측정 대상이 되어, 측정을 실시했을 것이라는 가정, 둘째, 설문의 응답에 있어 응답한 사업장과 무응답 사업장 간에 응답 여부는 무작위로 정해졌으며 응답 여부에 화학물질 노출과 관련한 편향이 없다는 가정, 셋째는 두 번째 가정에 근거하여 설문에 응답한 사업장에서의 화학물질 노출 분포는 응답하지 않은 사업장과 유사한 분포를 나타낼 것이라는 가정이다. 마지막으로

로, 2016년에 작업환경 측정을 실시하지 않았으나 설문 배포 사업장에서 제외된 8,066개 사업장의 경우 설문 배포과정에서의 제외가 무작위로 발생하여 이들 사업장의 제외 이유가 화학물질 노출과는 무관하다는 가정이다.

작업환경측정 대상 유해화학물질에 노출되는 근로자의 규모를 지역별, 업종별, 사업장 규모별로 다음과 같은 방식으로 추정하였다. 사업장별로 각각의 화학물질에 대해 전체근로자 중 노출되는 근로자의 비율을 구한 뒤 사업장별 평균 노출 비율을 구하였다. 이렇게 산출된 사업장별 노출비율을 지역별, 업종별, 사업장 규모별 근로자수와 곱하여 각 집단별 노출근로자 수를 추정하였다. 사업장별 평균 노출 비율을 이용한 것은 설문 조사 자료를 이용하여 사업장별로 노출되는 근로자 수를 직접 계산할 수 없었기 때문이다. 각 화학물질별 노출근로자 수는 확인 할 수 있지만 해당 근로자의 중복 노출 여부를 확인 할 수 없어서 사업장 내에서 전체 노동자 중 노출되는 비율을 산출할 수 없었다. 이러한 추정 방식은 작업환경측정을 실시한 사업장이 작업환경측정을 실시하지 않은 사업장의 평균적인 근로자 노출 분포를 따른다는 가정에만 성립될 수 있다.

한편, 2016년에 작업환경을 실시하지 않아 설문 대상으로 선정된 1,000인 이상 사업장은 27곳 이었다. 이 중 설문에 응답한 사업장은 4곳이었으며, 응답 사업장 모두 작업환경측정대상 화학물질에 노출되는 근로자가 없다고 응답하였다. 이에 사업장 규모별 노출 근로자 추정에서 1,000인 이상 사업장에서의 노출 규모는 추정하지 않았다.

2016년 기준 5인 이상 제조업 사업장 150,655개 중 업종 정보가 결측인 2,059개 사업장은 업종별 분석에서 제외하였다. 모든 분석은 SAS(Version 9.4, Cary, NC, USA) 프로그램을 이용하여 실시하였다.

III. 연구결과

1. 설문 응답률

2016년에 작업환경측정을 실시하지 않은 96,295개의 사업장 중 설문에 응답한 사업장은 17.0%(16,350개)이었다. 지역별로 강원도의 응답률이 24.0%로 가장 높았고, 충청남도의 응답률이 13.3%로 가장 낮게 나타났다. 제주특별자치도, 충청북도, 울산광역시의

Table 1. Estimated number of businesses and workers exposed to chemical hazards by regions

Region	Total number of businesses	WEM* conducted		Survey (WEM not conducted)				Estimated total number of businesses exposed	Estimated exposure rate (%)	Estimated WEM implementation rate (%)	Total number of workers	Average exposed rate from survey (%)	Estimated total number of exposed workers
		No. of businesses	Rate (%)	Deliver questionnaire (No. of businesses)	Response rate (%)	Exposure among respondents (%)	Estimated no. of businesses exposed						
[A]	[B]		[C]		[D]	[E=C*D]	[F=B+E]	[G=F/A]	[H=B/F]	[I]	[J]	[K=I*J]	
Seoul Metropolitan City	10,070	1,160	11.5	8,040	15.0	15.9	1,278	2,438	24.2	47.6	175,916	29.4	51,788
Busan Metropolitan City	10,174	3,263	32.1	6,360	17.6	15.8	1,005	4,268	41.9	76.5	207,943	34.3	71,333
Daegu Metropolitan City	11,310	4,028	35.6	6,778	15.3	15.3	1,037	5,065	44.8	79.5	230,565	29.6	68,146
Incheon Metropolitan City	9,970	3,680	36.9	5,750	17.1	17.4	1,001	4,681	46.9	78.6	222,191	29.7	65,922
Gwangju Metropolitan City	4,390	1,299	29.6	2,895	15.5	19.1	553	1,852	42.2	70.1	107,802	35.4	38,174
Daejeon Metropolitan City	5,140	1,570	30.5	3,402	15.7	19.5	663	2,233	43.5	70.3	146,661	31.6	46,335
Ulsan Metropolitan City	4,336	1,190	27.4	3,063	20.8	12.1	371	1,561	36	76.2	219,385	35.9	78,790
Gyeonggi-do	50,125	14,290	28.5	32,222	17.0	19.8	6,380	20,670	41.2	69.1	1,165,965	31.4	365,996
Gangwon-do	2,183	710	32.5	1,381	24.0	13.6	188	898	41.1	79.1	48,796	24.2	11,817
Chungcheongbuk-do	6,246	2,435	39	3,622	19.2	17.6	637	3,072	49.2	79.3	196,470	27.7	54,420
Chungcheongnam-do	5,635	2,072	36.8	3,417	13.3	20.3	694	2,766	49.1	74.9	228,599	29.3	66,984
Jeollabuk-do	4,165	1,417	34	2,624	18.4	16.5	433	1,850	44.4	76.6	118,013	39.8	46,934
Jeollanam-do	3,252	894	27.5	2,262	15.0	19.2	434	1,328	40.8	67.3	96,412	45.0	43,391
Gyeongsangbuk-do	7,028	2,440	34.7	4,339	17.9	15.3	664	3,104	44.2	78.6	247,147	30.9	76,344
Gyeongsangnam-do	15,975	5,682	35.6	9,666	17.9	16.1	1,556	7,238	45.3	78.5	447,960	34.0	152,297
Jeju special self-governing province	656	164	25	474	19.2	16.5	78	242	36.9	67.8	9,340	23.1	2,161
Total	150,655	46,294	30.7	96,295	17.0	17.5	16,852	63,146	41.9	73.3	3,869,165		1,240,831

*WEM :Work environment monitoring

경우 19% 이상의 응답률을 보인 반면, 서울특별시, 전라남도, 대구광역시, 광주광역시, 대전광역시의 경우 15%대의 낮은 응답률을 나타냈다(Table 1). 업종별로는 의복, 의복액세서리 및 모피제품 제조업이 9.9%의 응답률로 가장 낮았고, 기타 운송장비 제조업(11.1%), 인쇄 및 기록매체 복제업(11.7%), 가죽, 가방 및 신발 제조업(11.9%) 순으로 낮은 응답률을 나타냈다. 응답률이 높은 업종은 담배 제조업(33.3%), 코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업(31.8%), 의료용 물질 및 의약품 제조업(30.4%), 음료 제조업(27.6%), 화학물질 및 화학제품 제조업(25.6%) 등이었다(Table 2). 사업장 규모별로는 2,000인 이상 사업장(13.3%)과 5인 ~ 9인 사업장(13.8%)에서 평균보다 낮은 응답률을 보였다. 반면 500인 ~ 999인 사업장의 경우 34.5%의 높은 응답률을 보였으며, 대체적으로 사업장 규모가 커지면서 응답률도 증가하는 경향을 보였다(Table 3).

2. 설문 응답 사업장에서 나타난 작업환경측정 대상 화학물질 사용률

설문에 응답한 16,350개 사업장 중 2,869개 사업장(17.5%)에서 작업환경측정대상이 되는 화학물질을 1개 이상 사용하는 것으로 나타났다. 지역별로는 충청남도(20.3%), 경기도(19.8%), 대전광역시(19.5%), 전라남도(19.2%), 광주광역시(19.1%) 순으로 높게 나타났고, 울산광역시의 경우 12.1%로 가장 낮았다(Table 1). 업종별로는 출판업(3.9%)과 의복, 의복액세서리 및 모피제품 제조업(9.5%)에서 10% 미만의 낮은 사용률을 나타냈다. 30%가 넘는 사용률을 보인 업종은 6개 업종으로 코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업(39.3%), 의료용 물질 및 의약품 제조업(34.5%), 1차 금속 제조업(34.2%), 담배 제조업(33.3%), 비금속광물 광업(31.8%), 의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업(30.5%) 순으로 높게 나타났다(Table 2). 사업장 규모에 따라서는 1,000인 ~ 1,999인

Table 2. Estimated number of businesses and workers exposed to chemical hazards by industries

Industries	Total number of business es	WEM* conducted		Survey (WEM not conducted)				Estimated total number of businesses exposed	Estimated exposure rate (%)	Estimat ed WEM implem entation rate (%)	Total number of workers	Average exposed rate from survey (%)	Estimated total number of exposed workers
		No. of business es	Rate (%)	Deliver questio nnaire (No. of business es)	Respo nse rate (%)	Exposur e among responde nts (%)	Estimated no. of businesses exposed						
	[A]	[B]		[C]		[D]	[E=C*D]	[F=B+E]	[G=F/A]	[H=B/F]	[I]	[J]	[K=I*J]
Mining of non-metallic minerals, except fuel	199	99	49.7	92	23.9	31.8	29	128	64.5	77.3	3,030	58.7	1,778
Manufacture of food products	10,129	1,692	16.7	8,341	23.1	12.9	1,076	2,768	27.3	61.1	247,693	32.0	79,353
Manufacture of beverages	626	187	29.9	431	27.6	25.2	109	296	47.2	63.2	20,773	39.4	8,193
Manufacture of tobacco products	16	7	43.8	9	33.3	33.3	3	10	62.5	70.0	2,466	33.3	822
Manufacture of textiles, except apparel	5,872	1,899	32.3	3,852	15.0	12.3	474	2,373	40.4	80.0	110,812	34.4	38,117
Manufacture of wearing apparel, clothing accessories and fur articles	3,280	123	3.8	2,981	9.9	9.5	283	406	12.4	30.3	55,173	21.3	11,744
Manufacture of leather, luggage and footwear	724	144	19.9	522	11.9	21	110	254	35	56.7	12,512	37.5	4,694
Manufacture of wood and of products of wood and cork; except furniture	1,963	684	34.8	1,227	14.2	10.3	126	810	41.3	84.4	27,621	24.8	6,839
Manufacture of pulp, paper and paper products	2,543	858	33.7	1,501	16.4	10.2	153	1,011	39.8	84.9	54,122	32.5	17,593
Printing and reproduction of recorded media	4,013	1,264	31.5	2,363	11.7	28.9	683	1,947	48.5	64.9	65,781	38.9	25,602
Manufacture of coke, briquettes and refined petroleum products	243	151	62.1	88	31.8	39.3	35	186	76.4	81.2	12,607	21.4	2,699
Manufacture of chemicals and chemical products; except pharmaceuticals and medicinal chemicals	6,497	3,177	48.9	3,108	25.6	26.8	833	4,010	61.7	79.2	193,773	29.8	57,822
Manufacture of pharmaceuticals, medicinal chemical and botanical products	744	326	43.8	392	30.4	34.5	135	461	62	70.7	43,871	19.3	8,454
Manufacture of rubber and plastics products	11,816	3,943	33.4	7,182	17.2	15.1	1,084	5,027	42.5	78.4	256,708	34.2	87,892
Manufacture of other non-metallic mineral products	4,436	1,882	42.4	2,446	20.2	21.9	536	2,418	54.5	77.8	98,078	27.4	26,867
Manufacture of basic metals	3,371	2,040	60.5	1,190	19.4	34.2	407	2,447	72.6	83.4	100,261	39.6	39,736
Manufacture of fabricated metal products, except machinery and furniture	15,959	5,159	32.3	10,003	14.7	15.8	1,580	6,739	42.2	76.6	244,859	35.1	85,941
Manufacture of electronic components, computer; visual, sounding and communication equipment	7,952	1,992	25.1	5,386	18.4	26.5	1,427	3,419	43	58.3	566,614	27.1	153,796
Manufacture of medical, precision and optical instruments, watches and clocks	3,649	744	20.4	2,502	21.3	30.5	763	1,507	41.3	49.4	94,848	25.5	24,218
Manufacture of electrical equipment	9,167	1,744	19	6,738	17.8	15.1	1,017	2,761	30.1	63.2	231,969	24.9	57,758
Manufacture of other machinery and equipment	25,547	8,120	31.8	15,031	15.9	15.3	2,300	10,420	40.8	77.9	471,479	36.2	170,520
Manufacture of motor vehicles, trailers and semitrailers	6,957	2,933	42.2	3,837	17.0	15.8	606	3,539	50.9	82.9	370,866	30.0	111,252
Manufacture of other transport equipment	5,564	582	10.5	4,847	11.1	13.9	674	1,256	22.6	46.3	258,911	41.5	107,482
Manufacture of furniture	1,813	482	26.6	1,225	12.2	16.8	206	688	37.9	70.1	23,421	43.2	10,124
Other manufacturing	8,358	2,149	25.7	5,780	16.0	16.7	965	3,114	37.3	69.0	126,563	31.6	40,052
Publishing activities	2,022	38	1.9	1,981	15.5	3.9	77	115	5.7	33.0	47,716	15.1	7,222
Maintenance and repair services of personal and household goods	5,136	2,716	52.9	2,389	16.8	20.6	492	3,208	62.5	84.7	64,861	34.7	22,496
Total	148,596	45,135	30.4	95,444	16.9	17.4	16,607	61,742	41.6	73.1	3,807,388		1,209,064

*WEM :Work environment monitoring

Table 3. Estimated number of businesses and workers exposed to chemical hazards by the number of employees

Number of employees	Total number of businesses	WEM* conducted		Survey (WEM not conducted)				Estimated total number of businesses exposed	Estimated exposure rate (%)	Estimated WEM implementation rate (%)	Total number of workers	Average exposed rate from survey (%)	Estimated total number of exposed workers
		No. of businesses	Rate (%)	Deliver questionnaire (No. of businesses)	Response rate (%)	Exposure among respondents (%)	Estimated no. of businesses exposed						
	[A]	[B]		[C]	[D]	[E=C*D]	[F=B+E]	[G=F/A]	[H=B/F]		[I]	[J]	[K=I*J]
5-9 employees	70,566	11,690	16.6	54,914	13.8	16.2	8,896	20,586	29.2	56.8	466,719	43.1	201,039
10-15 employees	29,575	8,738	29.5	18,877	18.3	17.5	3,303	12,041	40.7	72.6	358,032	31.4	112,401
16-29 employees	25,746	11,000	42.7	13,368	21.3	18.5	2,473	13,473	52.3	81.6	544,483	22.7	123,587
30-49 employees	12,197	6,765	55.5	4,936	25.9	19.9	982	7,747	63.5	87.3	462,615	17.6	81,429
50-99 employees	7,780	4,739	60.9	2,871	29.3	21.3	612	5,351	68.8	88.6	540,228	13.9	74,859
100-199 employees	3,198	2,137	66.8	997	28.4	20.8	207	2,344	73.3	91.2	434,887	13.9	60,615
200-299 employees	830	620	74.7	195	30.8	20	39	659	79.4	94.1	200,412	18.5	37,108
300-499 employees	420	326	77.6	82	26.8	36.4	30	356	84.7	91.6	156,840	8.1	12,739
500-999 employees	210	177	84.3	29	34.5	10	3	180	85.7	98.3	139,626	1.0	1,396
1,000-1,999 employees	71	58	81.7	11	18.2	0	0	58	81.7	100.0	97,854	0.0	0
2,000+ employees	62	44	71	15	13.3	0	0	44	71	100.0	467,469	0.0	0
Total	150,655	46,294	30.7	96,295	17.0	17.5	16,852	63,146	41.9	73.3	3,869,165		705,173

*WEM :Work environment monitoring

및 2,000인 이상 사업장은 사용이 없었고, 300인 ~ 499인 사업장의 경우 36.4%로 가장 높은 사용률을 보였다 (Table 3).

3. 노출률, 이행률 및 노출근로자수

2016년 기준 5인 이상 제조업 사업장의 41.9%가 작업환경측정 대상 화학물질에 노출되는 것으로 추정되었으며, 사업장 수로는 63,146개가 작업환경측정 대상으로 추정된다. 지역별로는 충청북도(49.2%), 충청남도(49.1%), 인천광역시(46.9%)에서 노출율이 높은 것으로 추정되었다. 노출되는 사업장 수는 경기도가 20,670개로 가장 많은 사업장이 분포하고 있는 것으로 나타났고, 경상남도가 7,238개로 뒤를 이었다 (Table 1). 업종별 노출률은 출판업(5.7%), 의복, 의복액세서리 및 모피제품 제조업(12.4%)에서 낮았고, 코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업(76.4%), 1차 금속제조업(72.6%)에서 가장 높았다. 사업장 수를 기준으로 기타 기계 및 장비 제조업이 10,420개로 가장 많은 수의 작업환경측정 대상 사업장 분포를 보였다 (Table 2). 사업장 규모에 따라서는 500인 ~ 999인 및 2,000인 이상 사업장의 85.7%가 작업환경측정 대상 사업장으로 추정되었다. 5인 ~ 9인 사업장의 경우 노출율은 29.2%로 가장 낮았지만, 사업장 수는 20,586개로 가장 많았다 (Table 3).

2016년 기준 5인 이상 제조업 사업장 중 작업환경측정 대상 화학물질에 노출되는 사업장(63,146개)의 73.3%가 작업환경측정을 실시한 것으로 추정되었다. 지역별로는 대구광역시의 작업환경측정 이행률이 79.5%로 가장 높았고, 서울특별시는 47.6%로 가장 낮게 추정되었다 (Table 1). 업종별로는 펄프, 종이 및 종이제품 제조업(84.9%), 수리업(84.7%), 목재 및 나무제품 제조업; 가구제 외(84.4%) 순으로 작업환경측정 이행률이 높았고 의복, 의복액세서리 및 모피제품 제조업(30.3%)과 출판업(33.0%)에서 낮게 나타났다 (Table 2). 사업장 규모별로는 1,000인 이상 사업장의 경우 모두 작업환경측정을 실시한 것으로 추정되었고, 5인 ~ 9인 사업장의 경우 작업환경측정 이행률은 56.8%로 가장 낮게 추정되었다 (Table 3).

2016년 기준 5인 이상 제조업 사업장 종사자 중 유해화학물질에 노출되는 근로자의 규모는 지역, 업종, 사업장 규모 등을 고려할 때 705,173명~1,240,831명으로 추정되었다.

IV. 고 찰

이 연구는 고용노동부가 작업환경측정 대상 화학물질을 사용하는 사업장의 규모를 파악하고 관리에 활용하기 위해 5인 이상 제조업 사업장을 대상으로 실시한

작업환경측정 실태조사를 분석하여, 작업환경측정 대상 화학물질에 대한 노출률 및 사용하는 사업장의 규모, 작업환경측정 이행률 및 노출 근로자의 규모를 추정한 연구이다. 분석 결과에 의하면, 2016년 기준 5인 이상 제조업 사업장 전체 150,655개 사업장 중 작업환경측정 대상이 되는 사업장은 63,146개로 전체 사업장의 41.9%를 차지하는 것으로 추정된다. 이들 사업장 중 작업환경측정을 실시한 사업장은 46,294개로 대상 사업장의 73.3%가 작업환경측정을 실시한 것으로 추정된다. 작업환경측정 대상 유해물질에 노출되는 근로자의 규모는 약 70 ~ 120만명으로 추산되었다.

이 연구는 국내에서 최초로 작업환경측정 대상 화학물질을 사용하는 사업장의 규모와 작업환경측정 이행률을 추정한 연구라는 점에서 그 의의가 있다. 그러나 전수로 배포한 우편설문에 응답한 사업장의 자료만을 이용하여 모집단 전체를 추정하였기에 결과 해석에 있어서 몇 가지 제한점이 있다. 우선은 설문조사의 낮은 응답률이다. 전체 배포 사업장의 17.8%만이 설문에 참여하였으며, 설문에 응답하지 않은 사업장들이 노출에 있어 설문에 응답한 사업장과 어떠한 차이를 가지는지 알 수 없다. 다만 지역별, 업종별, 사업장 규모별로 설문의 응답률에 편차는 있으나 큰 차이를 나타내지는 않아 설문에 응답한 사업장과 미응답한 사업장 간에 지역별, 업종별, 사업장 규모별 차이가 클 것으로 예상되지는 않는다. 만약 설문에 미응답한 사업장들이 노출이 없는 사업장이어서 설문에 응하지 않았을 경우, 이 분석에서 산출한 추정치는 전체적인 노출을 과대추정한 것이 된다. 반대로 설문에 미응답한 사업장들이 오히려 노출이 많은 사업장이라면 이 분석에서 산출한 추정치는 과소 추정치 일 것이다. 추정치의 편향이 어느 방향으로든 발생 할 수 있지만, 노출과 가장 관련이 있을 것으로 예상되는 업종별 특성을 살펴보았을 때 2016년의 작업환경 측정 실시율이 높은 업종에서 설문의 응답률과 노출분율이 높아지는 경향이 전반적으로 나타났다. 이는 전반적으로 노출이 많은 업종에서 측정 실시율이 높고, 설문에 대한 응답도 적극적이라는 것으로, 이 분석의 추정치가 실제보다 과대 추정치일 가능성을 보여준다. 한편, 이 연구는 작업환경측정 대상이 되는 모든 유해인자를 대상으로 한 연구가 아니라는 한계를 갖는다. 작업환경측정 대상 화학물질에 대한 노출을 기준으로 사업장의 분포와 제도의 이행률을 추정하였으므로, 화학

물질이 아닌 물리적 인자 등에 대한 노출을 고려할 경우 측정대상의 규모는 더욱 커지게 된다. 세 번째 제한점은 2016년에 작업환경 측정을 실시하지 않았으나 설문 배포 사업장에서 제외된 8,066개 사업장을 어떻게 처리할 것인가의 문제이다. 분석에서는 설문 배포 목록에서의 제외가 무작위로 발생하여 이들 사업장이 제외된 이유가 화학물질 노출과는 무관하다고 가정하였다. 그러나 실제로는 이들 사업장이 화학물질 노출과 관련된 특별한 특성을 갖는 사업장들인 경우 이 분석에서 산출한 추정치는 편향될 수 있다. 다만, 이들 사업장이 전체모집단에서 차지하는 비율이 5.4%로 크지 않아, 편향이 발생했다고 해도, 편향의 크기는 크지 않을 것으로 예상된다. 마지막으로 작업환경측정 대상 유해화학물질에 노출되는 근로자의 규모는 과소추정치일 가능성이 높다는 점이다. 자료가 갖는 한계로 인해 각 사업장에서 화학물질에 하나 이상 노출되는 근로자의 분율을 계산 할 수 없어, 각 물질별 노출근로자의 분율을 사업장별로 평균한 값을 사업장별 노출 비율로 계산했다. 같은 사업장 안에서도 공정에 따라 사용하는 화학물질과 노출되는 종사자의 규모가 다르기 때문에 한 사업장에서 다종의 화학물질에 각기 다른 노동자들의 노출이 있을 경우 사업장별 노출 비율이 과소추정 된다. 그리고 이렇게 구해진 평균 노출 비율을 작업환경측정을 실시한 사업장의 근로자들까지 확대하여 적용하는 과정에서 다시 한번 과소추정 될 가능성이 존재한다. 노출 근로자 규모가 과소추정 되었을 것으로 판단하는 또 다른 근거는 1,000인 이상 사업장에서의 노출 비율의 계산값이다. 2016년에 작업환경을 실시하지 않아 설문 대상으로 선정된 1,000인 이상 사업장 중 설문에 응답한 4개 사업장 모두 작업환경측정대상 화학물질에 노출되는 근로자가 없다고 응답하였다. 이 결과를 추정방식에 적용하면 우리나라 1,000인 이상 제조업에서 작업환경측정 대상 화학물질에 노출되는 근로자는 없다는 결론이 도출된다. 1,000인 이상 사업장 133개 중 2016년에 작업환경측정을 실시한 곳은 102개인데, 이 중 어느 곳에서도 근로자의 노출이 없다는 것은 받아들이기 힘들다. 따라서 이 자료에서 추정한 작업환경측정 대상 유해물질에 노출되는 근로자의 규모는 지역 및 업종을 단위로 추정한 값을 활용하는 것이 가장 바람직하며, 이들 값 역시 과소 추정되었을 가능성을 염두에 두어야 한다.

V. 결 론

이 연구의 결과는 작업환경측정 이행률이 상대적으로 낮은 의복, 의복액세서리 및 모피제품 제조업과 출판업 등의 일부 업종들과 30인 미만 사업장들에 대한 적극적인 관리가 필요함을 보여준다. 작업환경측정 제도의 대상이 되는 사업장의 분포와 제도의 이행율에 대한 정보는 근로자 건강보호를 위한 중재 정책 실행과 평가에 기초로 활용 될 수 있다. 이 연구에서 추정한 작업환경측정 대상 화학물질을 사용하는 사업장의 규모 및 노출되는 노동자, 작업환경 측정 이행률의 지역, 업종 및 사업장 규모별 분포에 관한 추정치는 작업환경측정 제도 관리 및 제도의 실효성 평가의 근거 자료로 활용 될 수 있을 것이다. 향후에는 이 연구에서 다루지 못한 물리적 유해 인자 등을 포함한 추가적인 조사연구가 이루어질 필요가 있으며, 안정적인 작업환경측정 제도의 이행을 위해 상시적인 감시 또는 모니터링 체계가 운영 될 필요가 있다.

감사의 글

이 연구는 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원의 2017년도 위탁연구 용역사업의 지원을 받아 수행되었음.

References

- Carey RN, Driscoll TR, Peters S, Glass DC, Reid A, et al. Estimated prevalence of exposure to occupational carcinogens in Australia (2011-2012). *Occup Environ Med* 2014;71(1):55-62
- Goldenhar LM, LaMontagne AD, Katz T, Heaney C, Landsbergis P. The intervention research process in occupational safety and health: an overview from the National Occupational Research Agenda Intervention Effectiveness Research team. *J Occup Environ Med* 2001;43(7):616-622
- Kim HJ. Assessing and managing the risks associated with overtime, night work and shift Work. Ministry of Employment and Labor.; 2011. p. 11-66
- Korea Occupational Safety & Health Agency. User guide to fourth Korean working conditions survey. Ulsan, Korea: Korea occupational safety & Health agency; 2016.
- Macdonald W, Driscoll T, Stuckey R, Oakman J. Occupational health and safety in Australia. *Ind Health* 2012;50(3): 172-179
- Ministry of Health and Welfare of Korea(MoHW). Korea Centers for Disease Control and Prevention. User guide to Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES) 2017. Osong, Korea: Ministry of Health and Welfare of Korea, Korea Centers for Disease Control and Prevention; 2018.
- Tak S, Davis RR, Calvert GM. Exposure to hazardous workplace noise and use of hearing protection devices among US workers-NHANES, 1999-2004. *Am J Ind Med* 2009;52(5):358-371
- Williams W. The epidemiology of noise exposure in the Australian workforce. *Noise & health*. 2013;15:326-331