한국산업보건학회지, 제28권 제4호(2018) ISSN 2384-132X(Print) ISSN 2289-0564(Online)
Journal of Korean Society of Occupational and Environmental Hygiene, 2018: 28(4): 416-424
https://doi.org/10.15269/JKSOEH.2018.28.4.416

Original Article

델파이 조사를 통한 직업적 소음 노출 규모의 추정

김승원[1*] · 양선희[2] · 백용준[3] · 정태진[4] · 류향우[5] · 김은아[5]

[1]계명대학교 공중보건학전공, [2]동산의료원 직업환경의학과, [3]제이스메디아,
[4](주)EHS프렌즈, [5]산업안전보건연구원 직업건강연구실

Estimated Exposure Population to Hazardous Workplace Noise among Korean Workers

Seung Won Kim[1*] · Sun-Hee Yang[2] · Yong-Joon Baek[3] · Taejin Chung[4] · Hyang-Woo Ryu[5] · Eun-A Kim[5]

[1]*Department of Public Health, Keimyung University*
[2]*Department of Occupational and Environmental Medicine, Keimyung University Dongsan Medical Center*
[3]*J's Media*
[4]*EHS Friends*
[5]*Occupational Health Research Department, Occupational Safety and Health Research Institute*

ABSTRACT

Objective: The objective of this study was to estimate the numbers of employees occupationally exposed to noise according to their industry and size.

Methods: A Delphi panel consisting of 15 occupational health experts estimated the exposure prevalence of noise in workplace. Data on Industrial Accident Compensation Insurance provided from Occupational Safety and Health Research Institute were combined to produce the exposure population.

Results: In Korea, 16.0% of employees, 2,539,890 out of 15,838,926, was estimated to exposed to noise occupationally. The rate was 32.7% and 10.3% in manufacturing sector and non-manufacturing sector, respectively. The highest rate, 52.5%, was found in manufacturing industries of wood and of products of wood and cork(except furniture) and of other transport equipment. Sorted by their size of business, the rate was higher as the number of employee was larger in manufacturing sector.

Conclusions: Compared to the same rate estimated in the US, 17.2%, the result of this study seems to be in a resonable range.

Key words: Delphi survey, Korean Standard Industrial Classification, size of business

I. 서 론

업종별 유해인자에 대한 노출분율은 각 업종에서 해당 유해인자에 노출되는 종사자수를 각 업종의 총 종사자수로 나누어 계산하며, 100을 곱하여 퍼센트로 나타내기도 한다. 노출분율은 산업보건 정책을 기획하고 사업의 성과를 평가하는데 중요한 기초자료이다. 국외에서 유해인자에 대한 노출분율의 추정은 주로 통계조사(survey)를 통하여 이루어졌다. 핀란드의 직무노출 매트릭스의 경우에 전수조사가 아닌 특정 유해물질에 대한 통계조사를 통하여 추정하였다(Park et al. 2013). 미국에서 실시된 소음 노출분율에 대한 조사의 경우 다양한 경우가 혼재되어 있었다. 미국도 한국의 작업환경실태조사와 유사한 현장조사(on-site survey)를

*Corresponding author: Seung Won Kim, Tel: 053-580-5197, E-mail: swkim@kmu.ac.kr
Department of Public Health, Keimyung University. 1095, Dalgubeol-daero, Dalseo-gu, Daegu, 42601, South Korea
Received: June 8, 2018, Revised: December 1, 2018, Accepted: December 18, 2018
Seung Won Kim http://orcid.org/0000-0003-2960-5866 Sun-Hee Yang https://orcid.org/0000-0002-7715-9955

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.

과거에 실시하였으나 정기적인 조사는 아니었다. 1972년-1974년 조사는 National Occupational Hazard Survey (NOHS), 1981년-1983년 조사는 National Occupational Exposure Survey(NOES), 1984년-1989년 조사는 National Occupational Health Survey of Mining(NOHSM)였다 (Boiano & Hull, 2001). 미국 직업안전보건청(Occupational Safety & Health Administration, OSHA)의 경우 행정을 집행하는 과정에서 수집한 노출자료를 수집하는 Integrated Management Information System(IMIS) 프로그램이 있지만 이 자료는 대표성이 떨어져 업종의 노출분율을 추정하거나 노출수준을 대표하는 자료로는 사용하고 있지 않다. 그 이유는 건설, 무역, 수송, 농업 등 비제조업 업종에 대한 자료가 상당히 드물기 때문이다(Tak et al., 2009). 가장 최근에 Tak et al.(2009)에 의해 추정된 소음 노출분율의 경우 National Health and Nutrition Examination Survey(NHANES) 자료를 이용하여 추정하였으며, 이 조사의 경우 한국에서 1998년부터 시작된 국민건강영양조사와 유사한 측면이 있지만 소음 노출에 대한 항목은 국민건강영양조사에 없다. 국민환경보건기초조사의 경우 제2기 조사에서 만 19세 이상 성인을 대상으로 하였고 혈중 납과 수은, 소변 중 수은과 카드뮴을 포함하고 있어 일부 유해인자에 대해서는 Tak et al.(2009)의 방법을 적용할 수도 있을 것으로 보인다(Park & Yu, 2014).

Tak et al.(2009)의 연구 결과에서 주목할 만한 점 하나는 건설업의 경우 업종에 대한 노출분율 추정치(29.1% 및 17.5%)와 종사자를 대상으로 수행된 조사에 따른 추정치(45.4%)가 상당한 차이를 보인다는 점이다. 이 차이가 발생하게 된 원인은 여러 가지가 있겠지만, 그 중 하나는 NHANES 같은 설문조사에 의지하는 경우 그 추정치를 해석할 때 설문방법(자기기입식 혹은 면접식) 및 설문문항의 구성에 따라 과소 혹은 과대평가할 가능성이 커진다는 점을 들 수 있을 것이다. 국외의 경우 유해인자 노출인구에 대하여 추정할 때 사업장수를 기준으로 집계하거나 노출인구를 추정하는 경우가 거의 없었다.

델파이 기법은 전문가적인 직관을 활용하여 자료가 부족한 현재의 상태나 미래의 가상상황을 예측해보는 예측방법이다. 대상 규모 추정 연구의 경우 현재의 상황이지만 자료에 기반을 둔 예측이 불가능한 상황에 적용하는 것이라고 할 수 있다(Kim, 1999). 방식은 설문조사지 기입이나 면접설문 등을 통해 전문가들에게 개별적으로 여러 차례 예측치를 요구하여 조사하는 것이다. 모아진 예측치는 평균을 내거나 빈도조사 등을 하여 제시할 수 있다. 조사 절차는 보통 다음의 3단계를 거친다: ① 조사 대상 선정: 전문가를 선정하기 위한 기준이 필요함, ② 델파이 설문지 작성: 5점 척도로 조사하거나 수치 기입을 요구함, ③ 조사수행 및 분석: 최소 2 라운드의 조사를 통해 변이계수 등을 계산하여 신뢰성 있는 예측치를 내놓고 있는지 판단 후 분석한다.

산업보건 분야에서 델파이 조사는 빈번히 활용되는 편이다. 외국의 경우 정책결정 관련 조사(Beaumont, 2003; Aw 2010), 연구대상 혹은 정책 등의 우선순위 선정(van der Beek, 1997; Sadhra, 2001), 노출기준 설정(Plaza, 2012), 델파이 기법의 방법론 연구(Aw, 2010) 등에서 활발하게 사용되고 있다. 한국의 경우 산업보건노출기준 변경시 예상되는 비용편익분석을 위해 델파이 조사가 실시되었다(Kim et al., 2015). 정책연구와 관련하여서는 Kim et al.(2011)이 연장・야간 및 휴일근로 등 과중업무 수행 종사자 관리방안에 대한 연구의 일부를 델파이 조사를 통해 수행하였다.

소음을 포함한 유해인자에 대한 노출인구 추정은 직업병 예방의 기초수단인 작업환경측정 및 특수건강진단 제도의 이행정도를 예측하는 기초자료로 그 활용성이 크지만 전 산업을 대상으로 조사된 적이 없다. 이 연구에서는 델파이 기법을 이용하여 소음에 대한 직업적 노출인구를 합리적으로 추정하고자 하였다. 화학물질에 대한 직업적 노출인구에 대한 추정은 별도의 논문에서 다루고자 한다.

Ⅱ. 대상 및 방법

1. 연구 대상

델파이 패널은 산업보건 분야에서 경험이 풍부한 전문가 그룹을 연구진이 설정한 기준에 따라 선별하여 구성하였다. 선발기준은 일정 지역에서 10년 이상 작업환경측정업무 또는 산업보건 유해인자에 대한 노출인구를 추정할 수 있는 전문가였으며 15명을 선발하였다. 지역에 대해서는 고른 선발을 위해 노력하였으나 업종에 대해서는 고려하기 어려웠다. 지역적으로는 서울과 경기 각각 5명, 인천 2명, 충청, 전라, 경상 각각 1명이 선발되었다. 델파이 패널의 산업보건

분야 종사경력은 평균 20.3년이었다.

2. 연구 방법

1) 설문조사 방법

신뢰성 확인 및 전문가 합의수준 향상을 위하여 동일 그룹에 대하여 2회 델파이 조사 실시하였다. 델파이 조사 1회에서는 산업안전보건공단에서 확보한 2014년 작업환경실태조사 자료를 참고자료로 제공하였으며, 델파이 조사 2회에서는 1회 조사의 평균과 2016년 작업환경측정 및 특수건강진단자료를 요약하여 제공하였다. 설문지는 크게 제조업과 비제조업으로 분류하여 구성되었다. 제조업에는 식료품제조업(통계청 분류코드 10)부터 기타제품제조업(통계청 분류코드 33)까지 24개의 모든 제조업종이 포함되었고, 비제조업에는 산재보험에 가입한 사업장이 1개 이상 존재하는 전 업종인 38개 업종이 포함되었다. 식료품제조업에 대한 설문지의 구성은 Figure 1과 같았다. 각 업종별로 고용규모에 따라 5인 미만, 5인 이상 50인 미만, 50인 이상으로 구분하였다. 각 규모에서는 다시 화학적 유해인자, 물리적 유해인자, 전체 유해인자로 구분하여 업종별, 규모별, 유해인자별 노출분율을 % 단위로 한 개의 값만 입력하도록 안내하였다. 제조업의 경우 모든 전문가에게 작성하도록 요구하였고 비제조업의 경우 원하는 업종만 선택하여 기입하도록 안내하였다. 설문지는 엑셀로 작성되었고 이메일로 전달 및 수거되었다.

2) 자료의 분석

본 논문에서는 물리적 유해인자에 대한 노출인구만 분석하였다. 보고된 물리적 유해인자의 99.9% 이상이 소음에 대한 측정임을 산업안전보건연구원으로부터 확인할 수 있었다. 따라서 기타 물리적 유해인자를 무시하고 추정된 물리적 유해인자에 대한 노출인구가 소음에 대한 노출인구라고 가정하였다.

수거된 엑셀 파일은 입력된 값이 0 - 100 범위 안에 있는지 여부와 전체 유해인자에 입력된 값이 화학적 혹은 물리적 유해인자에 입력된 값보다 크거나 같은지 여부를 점검하고 이상이 있는 경우 작성자에게 연락하여 수정하였다. 조사된 사업체별 및 종사자별 노출분율의 평균값을 각각 계산하고 산재보험 가입 자료에서 얻은 사업체수 및 종사자수를 이용하여 측정대상 사업체수 및 노출 종사자수를 계산하였다. 이 값들을 규모별 및 업종별로 정리하여 규모별 및 업종별 노출인구를 추정하였다.

Ⅲ. 연구결과

1. 연구 결과

소음에 대한 노출인구는 전체 산업에서 291,793개 사업장에서 일하는 2,539,890명이 노출되어 사업장의 15.7%, 종사자의 16.0%가 노출되는 것으로 추정되었다(Table 1). 이를 다시 제조업과 비제조업으로 분류하면 제조업에서는 136,559개 사업장에서 일하는 1,317,645명

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	참고자료 : 통계청, 산재보험 가입 통계					전문가가 입력할 내용			참고자료 : 2014년 작업환경실태조사, 특검결과 통계	
2	코드	중분류	고용규모	사업체수	근로자수	유해인자	측정대상 사업체수	특검대상 근로자수	측정 사업체수	특검 근로자수
3	10	식료품 제조업	5인 미만	12,795	20,732	화학적			155	414
4									1.2%	2.0%
5						물리적			156	217
6									1.2%	1.0%
7						전체			138	549
8									1.1%	2.6%
9			5인 이상 - 50인 미만	8,680	124,443	화학적			2,746	3,959
10									31.6%	3.2%
11						물리적			2,629	4,249
12									30.3%	3.4%
13						전체			1,054	7,530
14									12.1%	6.1%
15			50인 이상	990	117,087	화학적			6,336	10,101
16									640.0%	8.6%
17						물리적			5,077	17,673
18									512.8%	15.1%
19						전체			633	30,552
20									63.9%	26.1%

화학적, 물리적 유해인자를 포함한 모든 특검 대상(야간 근무 포함)

Figure 1. Example of Delphi survey questionnaire for one industrial sector in the first round

Table 1. Numbers of business and employee exposed to occupational noise in manufacturing sector and non-manufacturing sector

Industry	Hazard	(Unit : #)				%	
		Business	Employee	Exposed business	Exposed employee	Exposure fraction for business	Exposure fraction for employee
Manufacturing	Chemical	341,449	4,028,789	168,345	1,562,571	49.3	38.8
	Noise			136,559	1,317,645	40.0	32.7
	Total			185,953	1,809,103	54.5	44.9
Non-manufacturing	Chemical	1,519,023	11,810,137	223,523	1,860,845	14.7	15.8
	Noise			155,234	1,222,245	10.2	10.3
	Total			252,816	2,136,731	16.6	18.1
Total	Chemical	1,860,472	15,838,926	391,869	3,423,415	21.1	21.6
	Noise			291,793	2,539,890	15.7	16.0
	Total			438,769	3,945,834	23.6	24.9

이 노출되어 사업장의 40.0%, 종사자의 32.7%가 노출되는 것으로 추정되었다. 비제조업에서는 155,234개 사업장에서 일하는 1,222,245명이 노출되어 사업장의 10.2%, 종사자의 10.3%가 노출되는 것으로 추정되었다.

한국표준업종 분류에 따라 구분하였을 때 노출인구 및 노출분율은 Table 2에 나타내었다. 제조업은 분류코드 10번부터 33번까지를 포함한다.

노출사업장수를 기준으로 제조업에서 소음에 가장 많은 사업장이 노출되는 업종은 기타 기계 및 장비 제조업(분류코드 29)이었고 27,713개 사업장이 노출되었다. 금속가공제품 제조업; 기계 및 가구 제외(분류코드 25)와 고무제품 및 플라스틱제품 제조업(분류코드 22)이 23,066개 및 10,809개로 그 뒤를 이었다. 비제조업에서는 종합 건설업(분류코드 41)이 127,416개로 가장 많았고 음식숙박(분류코드 56) 및 전문직별 공사업(분류코드 42)이 그 뒤를 이었다.

노출종사자수를 기준으로 제조업에서 소음에 가장 많은 사업장이 노출되는 업종은 기타 기계 및 장비 제조업(분류코드 29)이었고 178,709명의 종사자가 노출되었다. 자동차 및 트레일러 제조업(분류코드 30), 기타 운송장비 제조업(분류코드 31), 금속가공제품 제조업; 기계 및 가구 제외(분류코드 25)이 그 뒤를 이어 각각 174,597명, 138,862명, 112,618명이 노출되는 것으로 추정되어 10만 명 이상 노출업종은 4개로 나타났다. 비제조업에서는 종합 건설업(분류코드 41)이 966,489명으로 가장 많았고 보건업(분류코드 86) 및 전문직별 공사업(분류코드 42)이 각각 45,704명 및 29,635명으로 그 뒤를 이었다.

Table 2. Numbers of business and employee exposed to occupational noise sorted by Korean Standard Industrial Classification

Code	Industry	(Unit : #)		Exposed business fraction (%)	(Unit : #)		Exposed employee fraction (%)
		Business	Exposed business		Employee	Exposed employee	
1	Agriculture	13,867	2,753	19.9	73,978	10,977	14.8
2	Forestry	12,089	1,026	8.5	80,391	4,295	5.3
3	Fishing	1,682	161	9.5	5,261	474	9.0
5	Mining of coal, crude petroleum and natural gas	22	10	47.4	3,023	1,265	41.9
6	Mining of metal ores	26	17	64.9	309	161	52.1
7	Mining of non-metallic minerals, except fuel	1,397	545	39.0	10,927	3,602	33.0
8	Mining support service activities	14	1	10.1	115	13	11.4
10	Manufacture of food products	22,465	5,915	26.3	262,262	68,588	26.2

Code	Industry	(Unit : #)		Exposed business fraction (%)	(Unit : #)		Exposed employee fraction (%)
		Business	Exposed business		Employee	Exposed employee	
11	Manufacture of beverages	1,507	608	40.4	21,846	9,840	45.0
12	Manufacture of tobacco products	17	10	60.1	2,466	1,258	51.0
13	Manufacture of textiles, except apparel	13,760	5,838	42.4	122,185	45,667	37.4
14	Manufacture of wearing apparel, clothing accessories and fur articles	12,468	3,181	25.5	67,164	18,040	26.9
15	Manufacture of leather, luggage and footwear	2,501	758	30.3	14,831	3,584	24.2
16	Manufacture of wood and of products of wood and cork; except furniture	4,714	3,254	69.0	31,902	16,708	52.4
17	Manufacture of pulp, paper and paper products	5,271	2,722	51.6	57,626	21,598	37.5
18	Printing and reproduction of recorded media	13,296	5,717	43.0	79,374	29,628	37.3
19	Manufacture of coke, briquettes and refined petroleum products	396	195	49.2	12,797	5,314	41.5
20	Manufacture of chemicals and chemical products; except pharmaceuticals and medicinal chemicals	12,939	3,316	25.6	203,210	49,545	24.4
21	Manufacture of pharmaceuticals, medicinal chemical and botanical products	1,111	265	23.8	43,846	9,510	21.7
22	Manufacture of rubber and plastic products	26,028	10,809	41.5	277,967	84,256	30.3
23	Manufacture of other non-metallic mineral products	8,562	4,770	55.7	104,825	41,522	39.6
24	Manufacture of basic metals	9,403	5,765	61.3	166,395	76,683	46.1
25	Manufacture of fabricated metal products, except machinery and furniture	40,032	23,066	57.6	281,868	112,618	40.0
26	Manufacture of electronic components, computer; visual, sounding and communication equipment	16,628	3,213	19.3	576,380	98,713	17.1
27	Manufacture of medical, precision and optical instruments, watches and clocks	9,286	1,408	15.2	103,494	18,516	17.9
28	Manufacture of electrical equipment	21,840	3,625	16.6	247,844	48,809	19.7
29	Manufacture of other machinery and equipment	67,816	27,713	40.9	530,330	178,709	33.7
30	Manufacture of motor vehicles, trailers and semitrailers	11,740	6,645	56.6	374,051	174,597	46.7
31	Manufacture of other transport equipment	10,010	5,829	58.2	265,210	138,862	52.4
32	Manufacture of furniture	6,272	3,940	62.8	29,771	12,973	43.6
33	Other manufacturing	23,387	7,996	34.2	151,145	52,109	34.5
35	Electricity, gas, steam and air conditioning supply	1,698	350	20.6	59,501	13,304	22.4
36	Water supply	504	19	3.7	8,176	326	4.0
37	Sewage, wastewater, human and animal waste treatment services	532	80	15.1	6,631	699	10.5
38	Waste collection, treatment and disposal activities; materials recovery	21,442	3,435	16.0	208,602	22,350	10.7
41	General construction	379,219	127,416	33.6	3,158,097	966,489	30.6
42	Specialized construction activities	22,431	4,261	19.0	111,151	29,635	26.7
49	Land transport and transport via pipelines	26,243	824	3.1	388,821	13,800	3.5
50	Water transport	675	25	3.7	6,837	340	5.0
51	Air transport	76	17	21.8	27,601	4,651	16.9
52	Warehousing and support activities for transportation	37,872	832	2.2	323,971	7,096	2.2
56	Food and beverage service activities	272,131	4,597	1.7	1,034,245	25,006	2.4
58	Publishing activities	6,763	1,572	23.2	54,352	11,519	21.2

Code	Industry	(Unit : #)		Exposed business fraction (%)	(Unit : #)		Exposed employee fraction (%)
		Business	Exposed business		Employee	Exposed employee	
61	Postal activities and telecommunications	4,131	81	2.0	70,827	3,050	4.3
62	Computer programming, consultancy and related activities	31,597	161	0.5	358,975	4,470	1.2
64	Financial service activities, except insurance and pension funding	20,613	155	0.8	364,134	2,036	0.6
65	Insurance and pension funding	10,995	35	0.3	264,781	827	0.3
66	Activities auxiliary to financial service and insurance activities	9,172	14	0.2	103,106	322	0.3
68	Real estate activities	45,375	51	0.1	111,557	361	0.3
69	Rental and leasing activities; except real estate	90,927	217	0.2	799,190	6,434	0.8
70	Research and development	4,507	234	5.2	117,623	5,930	5.0
71	Professional services	62,352	299	0.5	585,202	4,287	0.7
72	Architectural, engineering and other scientific technical services	24,266	644	2.7	214,016	5,492	2.6
73	Other professional, scientific and technical services	17,955	137	0.8	85,534	1,103	1.3
74	Business facilities management and landscape services	108,822	1,768	1.6	749,745	15,831	2.1
75	Business support services	4,306	41	1.0	31,240	1,013	3.2
84	Public administration and defence; compulsory social security	12,226	58	0.5	96,710	2,183	2.3
85	Education	62,704	148	0.2	501,526	3,516	0.7
86	Human health activities	147,025	3,016	2.1	1,422,509	45,704	3.2
90	Creative, arts and recreation related services	316	4	1.4	512	10	2.0
91	Sports activities and amusement activities	37,682	83	0.2	263,959	954	0.4
96	Other personal services activities	25,369	148	0.6	107,002	2,721	2.5

Table 3. Numbers of business and employee exposed to occupational noise sorted by business size

Industry	Number of employee	(Unit : #)		Exposed business fraction (%)	(Unit : #)		Exposed employee fraction (%)
		Business	Exposed business		Employee	Exposed employee	
Manufacturing	Less than 5	201,773	66,296	32.9	340,164	86,752	25.5
	Between 5 and 50	127,602	63,276	49.6	1,712,989	537,993	31.4
	More than 50	12,074	6,986	57.9	1,975,636	692,900	35.1
	Total	341,449	136,559	40.0	4,028,789	1,317,645	32.7
Non-manufacturing	Less than 5	1,082,823	109,005	10.1	1,666,794	142,499	8.5
	Between 5 and 50	404,853	40,808	10.1	5,021,453	400,045	8.0
	More than 50	31,347	5,421	17.3	5,121,890	679,701	13.3
	Total	1,519,023	155,234	10.2	11,810,137	1,222,245	10.3
Total	Less than 5	1,284,596	175,301	13.6	2,006,958	229,251	11.4
	Between 5 and 50	532,455	104,084	19.5	6,734,442	938,039	13.9
	More than 50	43,421	12,407	28.6	7,097,526	1,372,600	19.3
	Total	1,860,472	291,793	15.7	15,838,926	2,539,890	16.0

노출분율을 기준으로 정리하면 많은 변화가 생긴다. 제조업에서 종사자 소음 노출분율이 가장 높은 업종은 목재 및 나무제품 제조업;가구제외(분류코드 16) 및 기타 운송장비 제조업(분류코드 31)로 두 업종 모두 52.4%이고, 담배제조업(분류코드 12)이 51.0%로 그 뒤를 잇는다. 비제조업에서 종사자 소음 노출분율이 가장 높은 업종은 금속 광업(분류코드 6)으로 52.1%의 노출분율을 보이며, 석탄, 원유 및 천연가스 광업(분류코드 5) 및 비금속광물 광업; 연료용 제외(분류코드 7)가 각각 41.9% 및 33.0%의 노출분율을 보였다.

규모에 따라 분류하면 제조업에서는 5인 미만의 규모에서 종사자 소음 노출분율이 25.5%로 가장 낮게 나타났고 50인 이상의 규모에서 35.1%로 가장 크게 나타났다. 하지만 비제조업에서는 5인 이상 50인 미만이 8.0%로 가장 낮게 나타났고 50인 이상 규모에서 13.3%로 가장 높게 나타났다.

Ⅳ. 고 찰

델파이 조사의 정확성을 확인하기 위하여 기존의 연구결과와 비교하였다. 본 연구의 모든 업종에 대한 소음 노출분율 추정치는 Table 1에서 보듯이 16.0%이다. 미국 전체 종사자수의 노출분율로 Tak et al.(2009)은 17.2%를 추정하였으며 미국 OSHA와 국립직업안전보건연구원(National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH) 모두 소음에 관련된 문헌에서 이 수치를 인용하고 있다. 이 수치는 본 연구의 추정치보다 조금 낮지만 상당히 가까운 수치이다. 개별 업종으로 비교할 때는 미국의 표준산업분류는 한국의 표준산업분류와 다르다는 것을 염두에 둘 필요가 있다. Tak et al.(2009)의 연구에서 소음이 높은 업종들은 '모든 광업'과 '목재가공업(가구제조 포함)'으로 노출분율은 각각 75.8%와 55.4%였다. 본 연구의 델파이 조사에서 종사자 기준으로 물리적 유해인자에 대한 노출분율이 높았던 업종은 목재 및 나무제품 제조업;가구제외(중분류 코드: 16; 52.4%), 기타 운송장비 제조업(분류 코드 31, 52.4%), 금속 광업(분류 코드 6, 52.1%), 담배 제조업(분류 코드 12, 51.0%)이었다. 두 연구 결과를 비교하면 소음 노출분율의 최대치가 각각 75.8%와 55.4%로 미국이 한국보다 20% 가량 높으며, 광업끼리 비교했을 때도 각각 75.8%와 52.1%로 그 차이가 23% 정도가 난다. 여기서 고려할 점은 광업은 양국 모두 종사자수가 많지 않다는 점이다. 즉, 전체 노출분율을 계산하는데 기여하는 바가 크지 않다. 두 번째로 소음 노출분율이 높았던 목재가공업을 비교하면 각각 55.4%와 52.4%로 유사한 결과를 보이지만 가구 제조업(분류 코드 32)의 소음 노출분율이 43.6%여서 이를 포함하는 경우 역시 한국의 소음 노출분율이 작다고 할 수 있다. 비제조업 중 종사자수가 가장 많은 건설업의 경우 Tak et al. (2009)은 45.4%, NOHS는 29.1%, NOES는 17.5%로 추정하였는데 본 연구에서는 30.6%로 추정하였다. 본 연구의 추정치는 Tak et al.(2009)의 연구보다는 낮지만 NOHS의 결과와는 상당히 유사하며 NOES의 추정치보다는 높음을 알 수 있다.

Tak et al.(2009)은 National Health and Nutrition Examination Survey(NHANES) 자료를 이용하여 소음 노출분율을 추정하였다. 이 설문지에 포함된 질문은 다음과 같았다.

At your current job, are you currently exposed to loud noise? [By loud noise I mean noise so loud that you have to speak in a raised voice to be heard.]

당신의 현재 직업에서 큰 소음에 노출되고 있습니까? [여기서 말하는 큰 소음은 상대가 들리도록 말하기 위해 목청을 높여야 하는 수준을 말합니다.]

Tak et al.(2009)이 논문에서 고찰하였듯이 이 질문은 자기기입식으로 설문지를 작성하는 사람의 주관적인 해석이 가능하며 8시간 동안 평균 90 dB 이상의 소음에 노출되는 경우와 같다고 보기에는 무리가 있다. 이와 같이 노출기간이 포함되지 않고 주관적인 판단 때문에 과대평가되었을 가능성이 있지만, 반대로 설문지를 성실하게 작성하지 않거나 단속음을 소음으로 인식하지 않았을 경우 같은 과소평가의 가능성도 존재한다. 미국의 업종별 작업형태는 한국과 다소 차이가 있을 수 있다는 점도 본 논문의 데이터를 해석하는데 고려되어야 할 것이다.

OSHA 홈페이지에는 미국의 2016년 잠정 노출인구를 2,200만 명이라고 추산하고 있다(OSHA, 2017). 이 수치는 Tak et al.(2009)의 연구에서 추정된 것으로 NIOSH 홈페이지에서도 같은 자료를 인용하고 있다. 2016년 말 미국에서 전일제로 일하고 있는 종사자(full-time employees)가 1억 2,357만 명(Statista, 2017)이라는 것을 고려하면 노출분율이 약 17.8%로 추정되고 이 수치는 Tak et al.(2009)에서 보고된 노출분율인 17.2%에 근접한다. 이 노출분율은 분모에 농업인구를 포함할지

여부와, 계절적인 보정(seasonally adjusted) 여부 등에 따라 약간씩 변할 수 있다. 미국 노동부 산하 노동통계국(Bureau of Labor Statistics, BLS)에서 제공하는 통계는 앞선 종사자 추정치와 차이가 있다. 제조업으로 한정하는 경우 1억 2,343만 명으로 거의 유사한 노출분율을 얻을 수 있다(BLS, 2017). 업종별로는 NIOSH에서 건설업에서 소음노출 종사자의 노출분율을 15.6-24.0%로 추정하였다. 20년의 차이가 있기는 하지만 앞서 추정된 수치가 범위 내에 들어간다. 1981년 발간된 미국 환경보호국(Environmental Protection Agency, EPA) 보고서에 따르면 미국에서 직업적으로 소음에 노출되는 종사자를 최소 900만 명으로 추산하였고, 이를 노출분율로 환산하면 인구변화를 고려하더라도 현재의 추산보다 절반 수준으로 감소한다(Simpson & Bruce, 1981).

Lee et al.(2001)은 5인 미만 소규모 사업장에서의 작업환경 측정대상과 특수건강진단 대상 규모를 추정하였다. 2001년 중앙고용정보원 고용보험사업장 목록에 의거 제주도를 제외한 5인 미만 사업장의 전체 사업장수는 492,641개소이고, 이 중에서 제조업 사업장은 93,096개소, 비제조업은 399,923개소였다. 제조업은 모집단 93,096개소 중 4,071개소(4.37%), 비제조업은 399,923개소 중 933개소(0.23%)를 추출하여 조사하였다. 5인 미만 비제조업 사업장 933개소, 종사자수 2,994명 중 특수건강진단 대상 사업장은 33개소(3.54%), 종사자수는 75명(2.51%)을 차지하였다. 이 중 소음 특수검진대상사업장은 933개소 중 22개소(2.36%), 종사자수 42명(1.4%)이었다. 5인 미만 비제조업 전체 특수검진 대상 사업장 중에서 소음이 33개소 사업장 중 22개소(66.7%)였고 종사자수로 평가하여 보았을 때, 특수건강진단 대상 종사자 75명 중 소음 42명(56%)이었다. 제조업의 경우에는 5인 미만 제조업 사업장 4,071개소, 종사자수 12,476명 중 특수건강진단 대상 사업장은 2,446개소(60.08%), 종사자수는 5,110명(40.96%)을 차지하였다. 이 중 소음 특수검진대상 사업장은 4,071개소 중 1,640개소(40.29%), 종사자수 3,322명(26.63%)이었다. 5인 미만 제조업 전체 특수검진 대상 사업장 2,446개소 중에서 소음 특수검진 대상 사업장이 1,640개소로 67.05%를 차지하였고, 종사자수의 측면에서 보았을 때 소음 특수검진 대상이 5,110명 중 3,320명으로 64.97%를 차지하였다.

Kim (2010)은 2008년 작업환경측정 및 특수건강진단 자료를 이용하여 사업장별 소음 작업환경 측정결과 중 8시간 노출량(TWA)의 평균값 및 중앙값을 산출하여 비교하였다. 사업장 규모에 다른 소음 노출 수준은 평균값으로 10-49인 규모의 사업장이 84.92 dBA 로 가장 높았고, 그 다음으로 50-299인 사업장 84.75 dBA, 5-9인 사업장 83.91 dBA, 1-4인 규모 사업장 83.35 dBA, 300-499인 81.98 dBA, 500-999인 81.77 dBA, 1000인 이상 사업장은 81.64 dBA 순이었다. 중앙값의 경우에도 50인 미만 사업장에서 높은 것으로 나타났다. 규모가 작을수록 소음 노출수준 초과율이 높게 나타났다. 업종별로는 광업이 가장 높았고, 그 다음으로 제조업, 전기가스 수도업, 기타산업, 건설업, 운수창고업, 농어업의 순이었다. 중앙값의 경우에는 광업, 제조업, 기타산업, 건설업, 농어업, 전기가스수도업, 운수창고업의 순이었다. 제조업 업종별로는 섬유제조업이 가장 높았고, 그 다음이 제재업이 소음 노출 기준을 초과하였으며, 선박건조수리업, 금속재료품 제조업, 비금속 광물제품제조업, 수송용 기계기구제조업, 연탄 및 응고고체연료제조업, 펄프지류제조업, 섬유제품제조업, 목제품제조업, 담배 제조업 등이 85 dBA을 초과하는 것으로 나타났다. 2008년 특수건강진단은 41,451개 사업장, 855,355명의 종사자를 대상으로 실시되었고, 그 중 소음 특수검진은 26,517개 사업장, 525,803명의 종사자에게 실시되었다. 특수검진을 실시한 사업장 중 소음특수검진을 실시한 사업장이 63.97%, 소음특수검진을 실시한 종사자가 61.47%였다.

본 연구는 일반적인 델파이 연구 방법의 한계에서 벗어날 수 없었다. 델파이 연구 자체가 자료가 극히 드물 때 사용하는 방법이고 전문가들의 판단에 의존하는 것이므로 정확성을 기대하기 힘들고 검증하기도 힘들다. Bahk et al.(2018)의 연구처럼 조금 더 자료에 기반한 연구와 비교하여 정확성을 검증 후 조심스럽게 추정한 노출분율을 사용할 필요가 있다. Bahk et al.(2018)의 연구 결과는 화학물질 노출규모에 대한 설문지 조사이므로 후속 논문인 화학물질 노출분율 논문에서 비교가 가능할 것이다. 그러한 한계에도 불구하고 소음 노출인구를 추정한 최초의 국내 논문이라는 점에서 의의가 있다. 설문지 조사나 작업환경실태조사에서 소요되는 비용과 비교하면 1/10 ~ 1/100 수준의 비용을 들여 노출분율 초기치를 조사하는 것이 가능하다는 장점이 있다.

Ⅴ. 결 론

소음에 대한 노출인구를 추정하는 것은 정책입안 및 다양한 연구의 기초자료로 활용될 수 있다는 점

때문에 중요하다. 국내에서는 처음으로 소음 노출인구를 업종별 및 규모별로 추정하였고 다른 연구와 비교하였다. 미국 OSHA 등에서 공식적으로 사용하는 소음 노출분율과 상당히 유사한 노출분율을 도출할 수 있었으며 그 값은 16.0%였다.

감사의 글

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

References

Aw T, Taimur Z, Zaidi M. Using a Delphi Approach to Determine UAE Occupational Health Priorities. Internal Medicine Journal. 2010;40:3

Bahk J, Kim SW, Yang S, et al. Estimating the Number of Target Workplaces for Work Environment Monitoring using Survey Data among Manufacturing Businesses with More than Five Employees in 2016. Journal of Korean Society of Occupational Environmental Hygiene 2018;28(2):166-174

Beaumont DG. The interaction between general practitioners and occupational health professionals in relation to rehabilitation for work: a Delphi study. Occupational Medicine. 2003; 53(4):249-253

BLS. All employees, thousands, manufacturing, seasonally adjusted. 2017. Available from: https://beta.bls.gov/dataQuery/find?fq=survey:[ce]&s=popularity:D

Boiano JM, Hull RD. Development of a national occupational exposure survey and database associated with NIOSH hazard surveillance initiatives. Applied Occupational and Environmental Hygiene. 2001;16(2):128-134

Kim GS. A Study on the Relationship between Diseases and Occupational Hazard Exposure among Workers on Special Health Examination (I). (2010-OSHRI-1098); 2010

Kim HJ, Kim SY, Im SY, et al. Management of Overloaded Workers Including Extended, Overnight, and Weekend Workers. Korea Department of Labor Report; 2011. p. 5-7

Kim JE. A Study on Important Issues in Management of Hospital Information System Using Delphi Technique. Yonsei University Master Thesis; 1999. p. 3-5

Kim KY, Oh SE, Hong MK, et al. Hazard and Risk Assessment and Cost and Benefit Analysis for Revising Permissible Exposure Limits in the Occupational Safety and Health Act of Korea. Journal of Korean Society of Occupational Environmental Hygiene 2015;25(2):134-145

Lee KY, Park JS, Lee KH, et al. Sample Survey for Health Status of Employees II. OSHRI (OSHRI 99-43-113); 1999.

OSHA. Occupational Noise Exposure. 2017. Available from: https://www.osha.gov/SLTC/noisehearingconservation/index.html

Park CH, Yu SD. Status and Prospects of the Korean National Environmental Health Survey (KoNEHS). Journal of Environmental Health Science 2014;40(1):1-9

Park DW, Kang DM, Kim SG, et al. A study for the estimation of retrospective exposure to benzene using a job exposure matrix (JEM). OSHRI (2013-OSHRI-1204); 2013. p. 7-8

Plaza AL. Use of a modified delphi process for establishing occupational exposure limits in support of health surveillance for space travelers. Texas Medical Center Dissertations. 2012

Sadhra S, Beach JR, Aw TC, et al. Occupational health research priorities in Malaysia: a Delphi study. Occupational and Environmental Medicine. 2001;58(7):426-431

Simpson M, Bruce R. Noise in America: the extent of the noise problem, EPA Report No. 550/9-81-101. Washington, DC: US Environmental Protection Agency/Office of Noise Abatement and Control; 1981

Statista. Monthly number of full-time employees in the United States from June 2016 to June 2017 (in millions, unadjusted). 2017. Available from: https://www.statista.com/statistics/192361/unadjusted-monthly-number-of-full-time-employees-in-the-us/

Tak S, Davis RR, Calvert GM. Exposure to hazardous workplace noise and use of hearing protection devices among US workers- NHANES, 1999-2004. American Journal of Industrial Medicine. 2009;52(5):358-371

van der Beek AJ, Frings-Dresen MH, van Dijk FJ, et al. Priorities in occupational health research: a Delphi study in The Netherlands. Occupational and Environmental Medicine. 1997;54(7):504-510