

전자산업청소업체의 작업환경 요인들에 대한 근로자와 관리자와의 인식 비교

안유정¹ · 김두영¹ · 김기연^{1,2} · 임대성^{3*}

¹서울과학기술대학교 안전공학대학원, ²서울과학기술대학교 안전공학과, ³한성보건안전기술원

Comparison of Perceptions between Workers and Managers about the Working Environment Factors at Cleaning Companies Associated with the Electronics Industry

Yu-Jeong An¹ · Doo-Young Kim¹ · Ki-Youn Kim^{1,2} · Daesung Lim^{3*}

¹Graduate Student, Department of Safety Engineering, Seoul National University of Science and Technology

²Department of Safety Engineering, Seoul National University of Science and Technology

³Hansung Health and Safety Technology Co., Ltd.

ABSTRACT

Objectives: This study aims to create a safer working environment by examining the working environment of cleanroom cleaning workers through a survey and comparing the differences in perception between workers and managers.

Methods: The survey was written based on the working environment and the safety and health management system. In order to improve the quality of the study, we visited the sites in person and conducted an in-depth interview. SPSS Statistics 26 (IBM, USA) was used to analyze the data.

Results: Based on the survey, differences were found in chemical used, MSDS sharing methods, risk factors during cleaning work, work environment measurement results, special health examination items, places considered dangerous, and work.

Conclusions: It is necessary that there be different work environments and risk factors for cleanroom cleaning workers at respective workplaces. As a result of the survey, there was found to be a difference in perception between workers and managers, and both workers and managers should try to reduce this difference.

Key words: cleaning worker, cleanroom, electronics industry, working environment, perception difference

I. 서 론

우리나라의 반도체산업 및 디스플레이 산업은 지난 몇 년간 대한민국 수출에 크게 기여한 산업으로 경제기여도 역시 비중이 높은 산업이다(Lee, 2016). 이러한 반도체공장과 디스플레이 제작 공장에서는 치명적인 화학물질들이 사용되고 있으며, 클린룸으로 제어 관리를 하고 있다(Lee & Lee, 2013).

클린룸이란 오염을 제어하는 한정된 공간으로, 공기

속에 포함되어 있는 먼지부터 온도, 습도, 가스 성분, 실내 공기압, 정전기, 전자파 등 환경조건이 제어되는 공간을 의미한다(Lee, 2014). 여기서 공간이란 생물 혹은 미세입자를 제어할 수 있는 실험용 벤치로부터 반도체, 디스플레이 등 산업용 제품을 생산할 수 있는 공장을 포함한다(Bae, et al., 2022).

이러한 클린룸의 완벽한 제어 속에서 근로자들은 반도체 공정에 사용되는 유해화학물질로부터 완벽하게 안전하다고 생각되지만, 실제로는 다르다. 300 mm 이하의 웨이

*Corresponding author: Dae Sung Lim, Tel: 042-716-2168, E-mail: dsoklim@gmail.com
803, Yuseong-daero, Yuseong-gu, Daejeon, Korea 34165

Received: June 20, 2023, Revised: August 28, 2023, Accepted: October 20, 2023

Yu-Jeong An <https://orcid.org/0009-0004-4296-8527>

Ki-Youn Kim <https://orcid.org/0000-0001-6889-8548>

Doo-Young Kim <https://orcid.org/0000-0001-8728-9908>

Daesung Lim <https://orcid.org/0000-0003-4190-0390>

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.

퍼를 가공하는 공정에서 근로자가 수동으로 공정을 진행하며 여러 화학물질에 노출될 수 있었음을 선행연구로 확인할 수 있었다(Park, 2016; Kim et al. 2014). 하지만 클린룸 청소노동자의 경우 반도체 제조 기계와 제품과 거리를 두고 있기 때문에 클린룸 청소근로자에게 작업환경에서의 유해 위험 요인은 거의 없다고 치부되고 있는 실정이다. 또한 선행연구 결과 대부분의 반도체 클린룸 연구는 클린룸의 환기 효율성과 사용되는 전력 및 에너지 절감에 관한 것이 대부분이었다(Kim et al., 2013; Choi et al., 2015; Jung & Song, 2022).

상주 청소업체의 주요 업무 내용은 펌 내부 청소의 경우 클린룸 상부/하부/바닥 청소, 폐기물처리의 경우 폐기물/폐액/폐수 처리였음을 볼 수 있었다. 주요 위험 요인은 펌 내부 청소 시 클린룸을 청소할 때 세제에 노출되는 것이며 폐기물처리의 경우 폐액 운반 시 화학물질에 간접노출, 폐액통 운반(중량물 작업) 시 근골격계 부담 작업으로 나타났다. 현장조사에 따르면 청소 작업 시 주요 유해 요인은 소음, 미세먼지, 세제, 암모니아, 세정제 등으로 나타났다(KOSHA, 2012).

지난 2022년 반도체 공정의 청소노동자가 처음으로 작업성 암 산재 인정받아 반도체 공정 내 청소근로자의 근무 환경이 사회적 관심을 받은 적이 있었다(Yonhap News). 이는 클린룸 내부의 오퍼레이터나 엔지니어 외에도 청소근로자에게도 화학물질의 위험이 있을 수 있다는 것을 보여주는 사례였다. 선행연구 결과 건설업 관리자와 근로자의 안전의식이 다른 것으로 나타났다(Zhang & An, 2014). 이처럼 관리자와 근로자의 안전 인식을 비교하였을 때 서로의 안전에 대한 인식이 다를 경우 건축공사 안전사고로 이어질 수 있다고 나타났으며 이를 개선하

여 안전사고 감소에 도움을 줄 수 있는 것을 볼 수 있었다(Zhang & An, 2014). 따라서 본 연구를 통하여 업체별 근로자와 관리자의 근무환경을 알아보고 그 속에 어떠한 위험이 있는지 알아보고자 한다.

II. 대상 및 방법

1. 연구 대상

연구 대상 사업장은 국내 반도체 및 디스플레이 제조 사업장 중 근로자의 수가 가장 많은 대기업 10곳을 선정하여 진행하였다. 이 중 6개의 전자산업 제조 사업장이 응답하였으며, 6개의 사업장 중 한 곳은 코로나19로 인하여 비대면으로 진행되었다. 클린룸 청소근로자의 경우 모두 협력사 소속이었으며, 총 13개 업체가 응답하였다. 이중 A 회사의 경우 각각 3곳의 다른 장소에 사업장이 위치하여 A-1, A-2, A-3로 구분하여 진행하였다. 또한, 근로자의 수가 적은 사업장에서 볼 수 있는 차이점을 알아보기 위해 50인 미만의 사업장을 추가하였다. 총 6개의 회사의 청소업체 13곳 소속의 클린룸 청소근로자 702명과 현직 협력업체의 관리자 66명을 대상으로 총 768명에게 설문조사를 진행하였다. 각 회사의 일반 현황과 근로자 수와 청소근로자 수는 Table 1과 같다. 현장조사는 2022년 8월 18일부터 10월 5일까지 이루어졌다. 이중 반도체 근로자는 658명으로 나타났다며 관리자는 57명이다. 디스플레이 사업장의 경우 근로자는 119명이며 관리자는 3명이다. 클린룸 설비를 제조하는 F업체의 경우 반도체와 디스플레이 어느 쪽에도 속하지 않아 반도체와 디스플레이 비교표에서는 제외하였다.

Table 1. Current status and overview of personnel engaged with cleanroom cleaning companies investigated in this study

Company	Number of cleaning companies	Location	Number of direct workers	Number of cleaning workers
A-1	2	Gyeonggi-do	Over 500	200~600
A-2	3	Gyeonggi-do		150~380
A-3	1	Gyeonggi-do		300
B	2	Chungcheongnam-do		110
C	1	Gyeonggi-do		150
D	2	Gyeonggi-do	Under 50	140~160
E	1	Gyeonggi-do		50
F	1	Gyeonggi-do		30~80

2. 업체별 주요 생산 제품과 클린룸의 종류

A 사업장의 경우 반도체 제조 업장으로 주된 생산 제품으로는 DRAM, SSD, 오토모티브 메모리 consumer storage 등이 있다. B 사업장의 경우 디스플레이 제조 업장으로 주된 생산 제품으로는 중소형 OLED가 있으며, 스마트폰, automotive, 노트북, 태블릿 등에 사용된다. C 사업장 역시 디스플레이 제조 업장으로 주된 생산 제품은 cinematic sound OLED, 8K OLED, flexible OLED 등을 생산하고 있다. D 사업장의 경우 반도체 제조업장으로 메모리 반도체가 주력상품이다. DRAM, NAND 플래시 메모리가 대표적인 생산 제품이다. E 사업장의 경우 반도체 사업장으로 0.35 um부터 90 nm에 이르는 시스템 반도체 제조하고 있으며, 주요상품으로는 analog foundry, mixed signal foundry, display driver IC 등이 있다. F 사업장의 경우 클린룸 환경 조성을 위한 제품을 주력으로 fan filter unit(FFU), equipment fan filter unit (EFU), 에어샤워 등이 있다.

3. 연구 방법

설문지는 근로환경과 안전보건 관리체계를 기반으로 작성하였으며, 관리자의 경우 고용실태와 고용구조를 추가하여 근로자와 설문지를 다르게 작성하여 조사하였다. 사업장의 근로 환경 이외에 근로자의 건강에 영향을 줄 수 있는 요소를 확인하기 위해 고용구조 등을 추가하였다. 관리자의 경우 24개의 문항으로 구성하였으며, 근로자의 경우 사업장의 고용 실태, 고용구조, 근무제도 등을 제외한 18개의 문항으로 구성하였다.

본 연구의 연구자료를 분석하기 위해 SPSS statistics 26 (IBM, USA)를 사용하여 데이터 통계분석을 실시하였으며, 디스플레이 근로자와 반도체 근로자 두 집단 사이의 평균 차이에 대한 통계적인 유의성을 검증하기 위해 독립

표본 t 검정을 사용하였다.

디스플레이 관리자의 경우 3명의 관리자가 답변해 주었으나, n수의 부족으로 독립표본 t 검정은 실시하지 못하였다.

III. 결 과

1. 전자 산업(디스플레이 & 반도체)의 클린룸 청소 근로자와 관리자 비교

본 항목에 대한 설문조사 결과는 Table 3과 같다. 위험성 높은 장소의 경우 근로자는 클린룸 하부를 356명(45%)이 가장 위험하다 생각하고 있었으며, 관리자의 경우 클린룸 상부를 33명(50%) 가장 위험하다고 생각하였다. 주된 업무로는 관리자 47명(49%)과 근로자 628명(60) 모두 바닥 청소라고 답하였으며, 화학물질을 사용하고 있냐는 질문에 근로자는 사용하고 있지 않다고 484명(69%)이 답해주었으며, 관리자의 경우 45명(68%)이 사용 중이라고 답하였다. 청소 작업 중 유해 위험요인의 경우 근로자 496(33.7%) 와 관리자 42명(42%) 모두 근골격계질환이라는 의견을 보수 있었다. 사업장의 산업재해 여부 항목에 근로자의 596명(85%)이 없음이라 답하였으며, 91명(13%)은 산업재해가 발생한 적이 있다고 응답하였다. 산업재해 항목의 세부 내용으로는 넘어짐 21명(2.9%), 골절 27명(3.8%), 가스 누출 15명(2.1%) 등의 답변을 볼 수 있었다.

2. 디스플레이 산업의 근로자와 관리자 비교

설문조사 결과는 Table 4와 같다. 디스플레이 산업의 근로자와 관리자의 모두 스마룩과 클린룸 상부의 업무가 주를 이루고 있다고 답변하였으며, 위험성이 높을 것이라 예상하는 장소로 클린룸 하부를 선택하였다. 주

Table 2. Classification of major products and industry by company

Company	Industry classification	Major products
A-1	Semiconductor	DRAM, SSD, automotive memory consumer storage
A-2		
A-3		
B	Display	OLED
C	Display	Cinematic sound OLED, 8K OLED, flexible OLED
D	Semiconductor	DRAM, NAND, flash memory
E	Semiconductor	Analog foundry mixed signal foundry, display driver IC
F	Clean room	Fan filter unit, equipment fan filter unit, air shower

Table 3. Survey results of comparison between worker and manager in electronic industries (display & semiconductor) related to cleanroom cleaning

Survey question		Worker(%)	Manager(%)
High-risk place (multiple responses)	Lower place of cleanroom	356(45.0)	22(33.0)
	Upper place of cleanroom	282(35.0)	33(50.0)
	Smock room	77(10.0)	3(4.5)
	Clean room storage	54(7.0)	7(11.0)
	Etc	22(3.0)	1(1.5)
Total		791(100.0)	66(100.0)
Usual tasks (multiple responses)	Floor cleaning	628(60.0)	47(49.0)
	Transportation of laundry	183(17.0)	25(26.0)
	Cleaning passageways and walls	133(13.0)	10(11.0)
	Transportation of waste	65(6.0)	10(10.0)
	Other operations	26(3.0)	3(3.0)
	Facility exterior cleaning	13(1.0)	1(1.0)
Total		1048(100.0)	164(100.0)
Chemical use status	No	484(69.0)	19(29.0)
	Yes	211(30.0)	45(68.0)
	No answer	7(1.0)	2(3.0)
Total		702(100.0)	66(100.0)
How MSDS are shared	Paper	578(88.3)	53(80.0)
	Etc	32(4.8)	4(6.0)
	Electronic document	21(3.2)	3(4.0)
	No answer	21(3.2)	6(10.0)
	Search device	2(0.5)	-
Total		654(100.0)	66(100.0)
Hazard and risk factors during cleaning work (multiple answers)	Musculoskeletal burden work	496(33.7)	42(28.0)
	Bump	295(20.0)	35(23.0)
	Chemical exposure	223(15.1)	10(7.0)
	Noise	196(13.3)	23(15.0)
	Falling down	146(10.0)	23(15.0)
	Caught	88(6.0)	11(7.0)
	Fall	24(1.6)	3(2.0)
	Etc	5(0.3)	4(3.0)
Total		1473(100.0)	151(100.0)
Occurrence of industrial accident at work site	No	596(85.00)	38(58.00)
	Yes	91(13.00)	23(35.00)
	No answer	15(2.00)	5(7.00)
Total		702(100.0)	66(100.0)

로 수행하는 작업은 바닥 청소라고 답하였으며 위험하다 생각하는 작업에서 차이를 볼 수 있었다. 근로자의 경우 폐기물 운반 35명 (31.2%)이 가장 위험하다고 생

각하고 있지만, 관리자의 경우 바닥청소와 1명(33.3%) 세탁물 운반 1명(33.3%) 그리고 설비 외관 청소 1명 (33.3%)가 위험하다고 판단하였다. 근로자와 관리자 모

Table 4. Survey results of comparison between worker and manager in display manufacturing industry related to cleanroom cleaning

Survey question		Worker(%)	Manager(%)
High-risk areas (multiple responses)	Lower place of cleanroom	73(59.0)	2(66.7)
	Upper place of cleanroom	38(30.6)	1(33.3)
	Smock room	5(4.0)	–
	Clean room storage	7(5.6)	–
	Etc	1(0.8)	–
Total		124(100.0)	3(100.0)
Working areas (multiple responses)	Smock room	84(32.4)	3(30.0)
	Upper place of cleanroom	69(26.6)	3(30.0)
	Lower place of cleanroom	56(21.6)	2(20.0)
	Clean room storage	44(17.0)	–
	Etc	6(2.4)	2(20.0)
Total		259(100.0)	10(100.0)
Usual tasks (multiple responses)	Floor cleaning	101(56.7)	3(37.5)
	Cleaning passageways and walls	26(14.6)	1(12.5)
	Transportation of laundry	25(14.0)	2(25.0)
	Transportation of waste	19(10.7)	2(25.0)
	Other operations	4(2.3)	–
	Facility exterior cleaning	3(1.7)	–
Total		178(100.0)	8(100.0)
High-risk tasks (multiple responses)	Transportation of waste	35(31.2)	–
	Floor cleaning	27(24.1)	1(33.4)
	Transportation of laundry	17(15.2)	1(33.3)
	Facility exterior cleaning	16(14.3)	1(33.3)
	Cleaning passageways and walls	16(14.3)	–
	Other operations	1(0.9)	–
Total		112(100.0)	3(100.0)
Chemical use status	No	98(82.4)	3(100.0)
	Yes	19(16.0)	–
	No answer	2(1.6)	–
Total		119(100.0)	3(100.0)
Occurrence of industrial accident at work site	No	80(67.2)	2(66.7)
	Yes	37(31.1)	–
	No answer	2(1.7)	1(33.3)
Total		119(100.0)	3(100.0)

두 화학물질을 사용하고 있지 않다고 답하였으나 근로자 중 19명(16%)은 사용하고 있다 답하였다. 사업장의 산업재해 발생 여부에서 근로자와 관리자 모두 없음이라는 대답이 60%대였으며, 이외의 항목에서는 비슷한 수치의 답변을 얻을 수 있었다.

3. 반도체 산업의 근로자와 관리자 비교

설문조사 결과는 Table 5와 같다. 반도체 산업 근로자의 경우 클린룸 상부가 주된 작업장소라고 답하였으나 관리자의 경우 스막룸이라고 답하였다. 위험성이 높다 생각되는 장소의 경우 근로자는 클린룸 하부를 관

Table 5. Survey results of comparison between worker and manager in semiconductor manufacturing industry related to cleanroom cleaning

Survey question		Worker(%)	Manager(%)
High-risk areas (multiple responses)	Lower place of cleanroom	277(42.1)	21(35.0)
	Upper place of cleanroom	243(36.9)	30(50.0)
	Smock room	71(10.8)	2(3.3)
	Clean room storage	46(7.0)	6(10.0)
	Etc	21(3.2)	1(1.7)
Total		658(100.0)	60(100.0)
Working areas (multiple responses)	Upper place of cleanroom	324(33.0)	42(30.2)
	Smock room	303(30.8)	45(32.4)
	Lower place of cleanroom	200(20.3)	27(19.4)
	Clean room storage	146(14.8)	22(15.8)
	Etc	11(1.1)	3(2.2)
Total		984(100.0)	139(100.0)
Usual tasks (multiple responses)	Floor cleaning	527(61.1)	11(22.4)
	Transportation of laundry	158(18.3)	12(24.5)
	Cleaning passageways and walls	105(12.2)	4(8.2)
	Transportation of waste	40(4.6)	16(32.7)
	Other operations	22(2.6)	3(6.1)
	Facility exterior cleaning	10(1.2)	3(6.1)
Total		862(100.0)	49(100.0)
High-risk work tasks (multiple responses)	Transportation of waste	186(30.2)	16(32.7)
	Floor cleaning	180(29.2)	11(22.4)
	Transportation of laundry	99(16.0)	12(24.5)
	Facility exterior cleaning	85(13.8)	3(6.1)
	Cleaning passageways and walls	44(7.1)	4(8.2)
	Other operations	23(3.7)	3(6.1)
Total		617(100.0)	49(100.0)
Chemical use status	No	383(66.6)	55(96.5)
	Yes	187(32.5)	-
	No answer	5(0.9)	2(3.5)
Total		575(100.0)	57(100.0)
Occurrence of industrial accident at work site	No	501(87.1)	52(91.2)
	Yes	54(9.4)	-
	No answer	20(3.5)	5(8.8)
Total		575(100.0)	57(100.0)

리자는 클린룸 상부를 꺾었다. 주로 수행하는 작업 또한 근로자의 경우 바닥청소라고 답하였으며 관리자는 폐기물 운반이라 답하였다. 위험하다 생각되는 작업으로는 두 그룹 모두 폐기물 운반이라 답변한 것으로 나왔다. 근로자와 관리자 모두 화학물질을 사용하고 있지

않다고 답하였으나 근로자 중 187명(32.5%)은 사용하고 있다 답하였다. 사업장의 산업재해 발생 여부에서 근로자와 관리자 모두 없음이라는 대답이 90%대였으며, 이외의 항목에서는 비슷한 수치의 답변을 얻을 수 있었다.

4. 반도체 산업의 근로자와 관리자의 독립 표본 T-test 결과

독립표본 T-test 결과 유의한 차이를 볼 수 있었던

항목으로는 폐기물운반 방식, 작업측정 결과 공유, 설비변경 공유, 특수 건강검진 항목과 특수 건강검진 공유 방법 등이 있었으며, $t=-2.492$, $p=0.016$ 으로 유의**Table 6.** T-test of comparison between worker and manager in semiconductor manufacturing industry related to cleanroom cleaning

Survey question		Dependent variable		t(p)
			N	
Waste transportation method	Use tools such as carts	Worker	427	3.844(0.000)***
		Manager	47	
	Call an expert	Worker	72	
		Manager	5	
	Manual work	Worker	31	
		Manager	2	
	Etc	Worker	18	
		Manager	1	
	No answer	Worker	17	
		Manager	0	
How work environment measurement results are shared	Paper	Worker	273	2.221(0.029)*
		Manager	20	
	Etc	Worker	8	2.158(0.034)*
		Manager	1	
	Electronic document	Worker	49	2.167(0.033)*
		Manager	4	
	Communicate information directly at meetings	Worker	179	2.181(0.032)*
		Manager	13	
How factory equipment changes are shared	Paper	Worker	102	6.330(0.000)***
		Manager	13	
	Etc	Worker	6	6.353(0.000)***
		Manager	2	
	Electronic document	Worker	138	6.325(0.000)***
		Manager	17	
	Communicate information directly at meetings	Worker	261	6.473(0.000)***
		Manager	18	
Special medical examination category	Chemicals	Worker	193	-2.492(0.016)*
		Manager	17	
	Etc	Worker	144	
		Manager	2	
	No answer	Worker	103	
		Manager	3	
	Night work	Worker	86	
		Manager	16	
	Noise	Worker	10	
		Manager	-	
How to provide information on special medical examination	Provide information to workers through managers	Worker	119	6.896(0.000)***
		Manager	15	
	Provide information to workers through hospitals	Worker	330	
		Manager	21	
	No answer	Worker	64	
		Manager	3	
	Etc	Worker	44	
		Manager	-	

* $p<.05$, ** $p<.01$, *** $p<.001$

수준 (<0.001)을 기준으로 통계적으로 유의하게 나타났다.

5. 디스플레이 산업과 반도체 산업의 근로자 비교

설문조사 결과는 Table 7과 같다. 디스플레이 산업과 반도체 산업 근로자의 설문지 비교 중 차이를 보이

는 항목으로는 근로자의 의견수렴방법, 화학물질 사용 여부, 사업장의 산업재해 발생 여부가 있었다.

6. 디스플레이 산업과 반도체 산업의 근로자 독립 표본 T-test 결과

독립표본 T-test 결과 유의한 차이를 볼 수 있었던

Table 7. Comparison of cleanroom cleaning workers between display and semiconductor manufacturing industry

Survey question		Display (%)	Semiconductor (%)
High-risk areas (multiple responses)	Lower place of cleanroom	277(42.1)	73(59.0)
	Upper place of cleanroom	243(36.9)	38(30.6)
	Clean room storage	46(7.0)	7(5.6)
	Smock room	71(10.8)	5(4.0)
	Etc	21(3.2)	1(0.8)
Total		658(100.0)	124(100.0)
Working areas (multiple responses)	Smock room	303(30.8)	84(32.4)
	Upper place of cleanroom	324(33.0)	69(26.6)
	Lower place of cleanroom	200(20.3)	56(21.6)
	Clean room storage	146(14.8)	44(17.0)
	Etc	11(1.1)	6(2.4)
Total		984(100.0)	259(100.0)
Usual tasks (multiple responses)	Floor cleaning	527(61.1)	101(56.7)
	Cleaning passageways and walls	105(12.2)	26(14.6)
	Transportation of laundry	158(18.3)	25(14.0)
	Transportation of waste	40(4.6)	19(10.7)
	Other operations	22(2.6)	4(2.3)
	Facility exterior cleaning	10(1.2)	3(1.7)
	Total	862(100.0)	178(100.0)
High-risk tasks (multiple responses)	Transportation of waste	186(30.2)	35(31.2)
	Floor cleaning	180(29.2)	27(24.1)
	Transportation of laundry	99(16.0)	17(15.2)
	Facility exterior cleaning	85(13.8)	16(14.3)
	Cleaning passageways and walls	44(7.1)	16(14.3)
	Other operations	23(3.7)	1(0.9)
Total		617(100.0)	112(100.0)
Chemical use status	No	383(66.6)	98(82.4)
	Yes	187(32.5)	19(16.0)
	No answer	5(0.9)	2(1.6)
Total		575(100.0)	119(100.0)
Occurrence of industrial accident at work site	No	501(87.1)	80(67.2)
	Yes	54(9.4)	37(31.1)
	No answer	20(3.5)	2(1.7)
Total		575(100.0)	119(100.0)

Table 8. T-test of cleanroom cleaning workers between display and semiconductor manufacturing industry

Survey question			Dependent variable	t(ρ)
			N	
Communication between workers and managers	Strongly yes	Display	35	-2.831(0.035)*
		Semiconductor	186	
	Yes	Display	27	
		Semiconductor	180	
	Normal	Display	17	
		Semiconductor	99	
	No	Display	16	
		Semiconductor	85	
	Absolutely no	Display	16	
		Semiconductor	44	
High-risk tasks (multiple responses)	Transportation of waste	Display	35	-2.755(0.038)*
		Semiconductor	186	
	Floor cleaning	Display	27	
		Semiconductor	180	
	Transportation of laundry	Display	17	
		Semiconductor	99	
	Facility exterior cleaning	Display	16	
		Semiconductor	85	
	Cleaning passageways and walls	Display	16	
		Semiconductor	44	
How MSDS are shared	Other operations	Display	23	-2.831(0.035)*
		Semiconductor	1	
	Paper	Display	91	
		Semiconductor	485	
	Etc	Display	12	
		Semiconductor	20	
	No answer	Display	9	
		Semiconductor	6	
	Electronic document	Display	6	
		Semiconductor	15	
How information on special medical examinations is provided	Use the search device	Display	1	-4.415(0.008)**
		Semiconductor	1	
	Provide information to workers through managers	Display	53	
		Semiconductor	119	
	Provide information to workers through hospitals	Display	34	
		Semiconductor	330	
	No answer	Display	17	
		Semiconductor	64	
	Etc	Display	9	
		Semiconductor	44	

* α .05, ** α .01, *** α .001

항목으로는 근로자와 관리자의 소통, 안전보건 측면에서 위험성이 높은 작업, MSDS 공유방법, 특수건강검진 안내 방법 등이 있었으며, $t=-2.831$, $p=0.035$ 으로 유의수준 (<0.001)을 기준으로 통계적으로 유의하게 나타났다.

7. 디스플레이 산업과 반도체 산업의 관리자 비교

설문조사 결과는 Table 9과 같다. 디스플레이 산업과 반도체 산업 관리자의 설문지 비교 중 화학물질 사용 여부와 산업재해 항목 모두 없음이라 답한 것을 볼 수 있었다.

Table 9. Comparison of cleanroom cleaning managers between display and semiconductor manufacturing industry

Survey question		Display (%)	Semiconductor (%)
High-risk areas (multiple responses)	Lower place of cleanroom	2(66.7)	21(35)
	Upper place of cleanroom	1(33.3)	30(50)
	Clean room storage	-	6(10)
	Smock room	-	2(3.3)
	Etc	-	1(1.7)
Total		3(100.0)	60(100.0)
Working areas (multiple responses)	Smock room	3(30.0)	45(32.4)
	Upper place of cleanroom	3(30.0)	42(30.2)
	Lower place of cleanroom	2(20.0)	27(19.4)
	Clean room storage	-	22(15.8)
	Etc	2(20.0)	3(2.2)
Total		10(100.0)	139(100.0)
Usual tasks (multiple responses)	Floor cleaning	3(37.5)	11(22.4)
	Cleaning passageways and walls	1(12.5)	4(8.2)
	Transportation of laundry	2(25.0)	12(24.5)
	Transportation of waste	2(25.0)	16(32.7)
	Other operations	-	3(6.1)
	Facility exterior cleaning	-	3(6.1)
Total		8(100.0)	49(100.0)
High-risk tasks (multiple responses)	Facility exterior cleaning	1(33.4)	16(32.7)
	Floor cleaning	1(33.3)	11(22.4)
	Transportation of laundry	1(33.3)	12(24.5)
	Transportation of waste	-	3(6.1)
	Cleaning passageways and walls	-	4(8.2)
	Other operations	-	3(6.1)
Total		3(100.0)	49(100.0)
Chemical use status	No	3(100.0)	55(96.5)
	Yes	-	-
	No answer	-	2(3.5)
Total		3(100.0)	57(100.0)
Occurrence of industrial accident at work site	No	2(66.7)	52(91.2)
	Yes	-	-
	No answer	1(33.3)	5(8.8)
Total		3(100.0)	57(100.0)

IV. 고 찰

선행연구 결과 국내 반도체 주요 사업장 내 7개 청소 업체(협력사) 현황을 파악하였으며, 이 중 파악되지 않은 2곳을 제외하고 5곳의 사업장이 상주 협력사로 청소 업체가 있는 사업장으로 나타났다. 상주 협력사로 청소

업체가 있는 5곳의 사업장은 모두 폐기물처리를 하고 있었으며 추가로 펌 내부 청소도 맡은 사업장이 2곳 있었다.

현재 클린룸 청소근로자의 경우 작업하는 환경의 특수성과는 상관없이 일반 청소근로자들로 분류되어있는 것을 확인할 수 있었으며, 한국표준직업분류에는 “153

환경·청소 및 경비 관련 관리자”, “94 청소 및 경비 관련 단순 노무직”으로 함께 구분되어있다(Kang, 2011). 따라서 다른 유해폐기물 처리 근로자와 같이 처리하는 폐기물 관련 교육을 받을 수 없다. 클린룸 청소 근로자의 업무 중 폐기물 운반이 포함되어 있음을 생각해 본다면 이는 상당한 위험을 포함하고 있다 판단된다.

연구 결과 대부분의 클린룸 청소근로자는 50대 여성으로 나타났으며 이는 일반 청소근로자의 특성과 일치하였다(Kang, 2011). 또한, 넘어짐, 골절 등의 산업재해가 발생한 이력이 있는 것을 확인하였으며 이는 이전의 다른 연구에서 보여진 50세 이상의 고령 근로자의 특성과 일치하는 것을 볼 수 있었다(Kil, et al. 2010).

설문조사 결과 디스플레이 사업장의 근로자와 관리자 모두 스팩룸과 클린룸 상부가 주된 근무 장소라고 답변했으며 위험성 높은 장소로 클린룸 하부를 선택한 것을 볼 수 있었다. 위험하다고 생각하는 작업은 근로자의 경우 폐기물 운반이라 생각하였으며 관리자의 경우 바닥 청소와 세탁물 운반 그리고 설비 외관 청소가 각각 한 표씩 받은 것을 볼 수 있었다. 이는 관리자의 경우 폐기물 운반을 담당하는 근로자의 수가 적어 노출되는 위험의 빈도수가 낮다고 생각하는 것으로 보인다. 근로자의 경우 무게가 있는 폐기물 운반 업무는 근골격계 부담으로 다가왔을 것이며, 폐기물에 묻어 있을지 모르는 화학물질에 대한 걱정으로 보인다.

반도체 근로자와 관리자의 경우 대부분 항목에서 일치하였으며 차이를 보인 항목은 주된 작업 장소, 위험성이 높다 생각되는 장소 주로 수행하는 작업이 있었다. 두 그룹 모두 산업재해 발생 여부와 화학물질 사용 여부에서 비슷한 수치를 보여주었다. 반도체 근로자의 경우 주된 작업 장소가 클린룸 상부라고 답하였으나 관리자의 경우 스팩룸이라고 답한 것을 볼 수 있었다. 위험성이 높다 생각되는 장소의 경우 근로자는 클린룸 하부를 관리자는 클린룸 상부를 꼽았다.

클린룸 하부의 경우 장비의 설치 및 해체 등의 많은 작업이 이루어지며, 협소한 작업 장소로 인하여 근골격계 부담 작업과 부딪힘의 위험성을 염두에 둔 결과 근로자들이 위험성이 높다 생각하게 된 것으로 보인다. 관리자의 입장에서는 클린룸 상부의 상주하는 엔지니어들과 사용하는 화학물질 등이 있어 상부의 위험성이 더 높다고 판단한 것으로 보인다. 주로 수행하는 작업 또한 근로자의 경우 바닥 청소라고 답하였으며 관리자는 폐기물 운반이라 답하였다. 이러한 차이는 자세한 업무

분담까지 파악하지 못한 것으로 판단된다.

반도체 근로자와 디스플레이 근로자를 비교한 결과 대부분 항목에서 비슷한 답변을 얻을 수 있었다. 그중 차이를 보인 부분으로는 디스플레이 근로자의 경우 주된 작업 장소로 스팩룸을 이야기했으며 반도체 근로자의 경우 클린룸 상부라고 답하였다. 이를 통하여 생산하는 전자제품에 따라 분담되는 작업장소의 비율이 다른 것을 알 수 있었다. 두 그룹 모두 클린룸 하부를 가장 위험할 것으로 생각하는 장소라 하였으며 이는 클린룸의 특성상 하부의 협소한 공간이 이유라고 생각된다. 화학물질 사용 여부에서 차이를 볼 수 있었는데 디스플레이 근로자의 경우 사용하고 있지 않다는 답변이 82%(98명)였으나 반도체 근로자의 경우 66%(383명)의 비교적 낮은 수치를 보여주었다. 사용한 화학물질을 살펴본 결과 락스, 세정제와 같은 가정용 상품이 대부분이었다. 이외는 반대로 사업장 산업재해 발생하지 않았다는 답변이 반도체 근로자가 87%(575명), 디스플레이 근로자가 67%(80명)으로 나타났으며, 디스플레이 사업장의 근로자들이 산업재해 발생에 더욱 민감한 것으로 볼 수 있다.

반도체 근로자와 관리자의 T-test 결과 유의한 차이를 볼 수 있었던 항목으로는 폐기물 운반 방식, 작업측정 결과 공유, 설비변경 공유, 특수 건강검진 항목과 특수 건강검진 공유 방법 등이 있었으며, $t=-2.831$, $p=0.035$ 으로 유의수준 0.001을 기준으로 통계적으로 유의하게 나타났다.

반도체 근로자와 관리자의 경우 특수 건강검진에 관한 항목에서 대부분 일치하는 것을 볼 수 있었으며, 작업환경 측정결과 공유와 설비 변경 공유 방식에서도 비슷한 답변을 보여주었다.

디스플레이 근로자와 반도체 근로자의 T-test 결과 근로자와 관리자의 소통, 안전보건 측면에서 위험성이 높은 작업, MSDS 공유방법, 특수건강검진 안내 방법에서 유의한 결과를 볼 수 있었으며, $t=1.276$, $p=0.006$ 으로 유의수준 0.001을 기준으로 통계적으로 유의하게 나타났다.

디스플레이 근로자와 반도체 근로자 모두 관리자와의 소통은 매우 원활하다는 답변이 대부분이었으며, 두 전자 사업장의 근로자 모두 안전보건 측면에서 위험성 높은 작업으로 폐기물 운반이 가장 위험하다고 생각하고 있는 것을 볼 수 있었다. 또한, 두 그룹 모두 주로 종이를 이용하여 MSDS를 공유하고 있었으며 특수건강검진의 경우 중간관리자를 통하여 안내받고 있었다.

V. 결 론

클린룸 청소근로자는 주로 50대 여성으로 나타났으며, 산업재해로 인한 넘어짐이나 골절 등의 이력도 있었다. 디스플레이 사업장의 근로자와 관리자는 주로 스팩룸과 클린룸 상부에서 작업을 수행하는 것으로 나타났으며, 위험성을 높게 인식하는 장소는 근로자는 폐기물 운반, 관리자는 바닥청소와 세탁물 운반이었다.

반도체 근로자와 디스플레이 근로자를 비교했을 때, 작업장소와 위험성에 차이가 있었으며, 반도체 근로자의 화학물질 사용률이 더 높았다. 또한, 반도체 근로자 중 대부분은 산업재해가 발생하지 않았다고 응답했으며, 디스플레이 근로자들이 산업재해에 더욱 민감한 경향이 있었다.

관리자들의 응답에서도 비슷한 항목들이 나왔으며, 생산하는 제품에 따라 위험성 인식에 차이가 있었다. 본 연구는 사업장의 구조와 근로자 수에 따라 업무와 위험 요인이 다를 수 있다는 한계가 있다. 대기업과 중소기업 사업장에서 노출될 수 있는 위험 요인을 비교하고 연구할 필요가 있다. 또한, 전자산업 클린룸 청소근로자의 근로 환경에 관한 연구가 부족하다는 점에서 더 심층적인 연구가 필요하다.

감사의 글

본 연구는 2022년 한국산업안전보건공단 산업 안전 보건연구원 학술용역 지원 사업에 의해 수행되었음.

References

Bae SJ, Jung MK, Ku DI, Jung SH, Kim MS. A case study on energy saving of air handling unit for clean room. The Society of Air-Conditioning And Refrigerating Engineers of Korea 2022;1252-1255

Choi KM, Lee JE, Cho KY, Kim KS, Cho Sh. Clean room structure, air conditioning and contamination control systems in the semiconductor fabrication process. J Kor Soc Occup Environ Hyg 2015;25(2):202-210

Kang SB. Work status in the cleaning service industry. Labor Review 2011;92-180

Kil SB, Ryu SH, Park DU, Lee YK. Strategies for protecting waste collectors' health and safety. KSEH 2010;

36(3):247-253

Kim KC, Yoo KH, Lee GC, Kim Ys. Evaluation of annual energy consumption with an indoor water spray humidification system for semiconductor manufacturing clean rooms. The Society of Air-Conditioning And Refrigerating Engineers of Korea 2013;877-880

Kim MH, Kim H, Paek D. The health impacts of semiconductor production: an epidemiologic review. International journal of occupational and environmental health 2014;20(2):95-114

KOSHA. Study on the working environment and exposure characteristics of hazardous factors of workers in semiconductor manufacturing workplaces. 2012

Lee GW. Understanding chemical substance management 57 - hazard and risk and safety and health activities in the semiconductor industry. Korean Industrial Hygiene Association 2016;26-29

Lee SY & Lee JK. A case-based study on the architectural considerations in the operational characteristics of industrial clean room. Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems 2013;7(1):48-57

Lee YS. Cleanroom energy saving improvement case - cleanroom outer tank energy saving case. air cleaning technology. Korea Air Cleaning Association 2014; 27(1):30-45

Park DU. Review of hazardous agent level in wafer fabrication operation focusing on exposure to chemicals and radiation. Korean Industrial Hygiene Association 2016;26(1):1-10

Jung WH & Song DS. A study on the analysis and improvement of annual energy consumption of outdoor air conditioner for semiconductor cleanroom. The Society of Air-Conditioning And Refrigerating Engineers of Korea 2022;202-205

Yonhap News, "First Acknowledgment of Occupational Disease for Electronic Industry Janitors with Cancer: 'Society's Attention Needed'" <https://m.yna.co.kr/view/AKR20220105083900004> 2023,10.20

Zhang Z & An SH. Improving the safety awareness of construction workers. Journal of the Korea Institute of Building Construction 14(5), 451-457.

<저자정보>

안유정(대학원생), 김두영(대학원생), 김기연(교수), 임대성(대표)