

OSH

Ri:

OSHRI:VIEW

보다 나은 미래,
연구로 보다

제6차 근로환경조사를 통해 본 산업안전보건 연구

VIEW

OSHRI:Issue

「제6차 근로환경조사」 사업 현황

「제6차 근로환경조사」 조사 결과 - 한국 노동자의 일의 질(Job Quality)-

노동자의 건강과 웰빙에 미치는 노동환경의 영향-제6차 근로환경조사 결과를 중심으로-

OSHRI:Practice

IoT를 활용한 달비계 작업 안전 기술 개선 연구

안전성과 현장 적용성을 개선한 이동식 비계 개발

OSHRI:VIEW는

산업안전보건연구원을 뜻하는 'OSHRI(Occupational Safety & Health Research Institute)'와 '보다' 또는 '관점'의 뜻인 'View'의 합성어입니다. 또한 산업안전보건을 의미하는 OSH(Occupational Safety & Health)와 '논평'을 뜻하는 'Riview(review)' 동음이의어 조합으로 산업안전보건연구 분야에 있어 명실상부 연구 전문지로 나아가기 위한 의미도 포함합니다.

이번호 책자의 표지는 노랑과 초록이 어우러지는 조화로운 색으로 선정하여 안전과 건강을 표현하는 대표적인 색채 초록을 노랑의 따뜻함으로 감싸 안는 형상을 표현하였습니다. 급변하는 안전보건 환경변화 속에서 OSHRI:VIEW만의 공감의 시선으로 꼼꼼히 살피고 통찰력 있는 연구들을 담아내겠습니다.

OSHRI:VIEW [Vol.16 No.1 (통권88호)]

발 간 번 호	2022-산업안전보건연구원-150
발행연월일	2022년 03월 31일
발 행 처	산업안전보건연구원
발 행 인	김은아 연구원장
편집위원장	김은아 연구원장
편 집 위 원	안전보건정책연구실 김형석 실장 산업안전연구실 김진현 실장 직업건강연구실 이상길 실장 직업환경연구실 이영석 실장 산업화학연구실 홍순의 실장 산업안전본부 유영수 부장 고용노동부 최재윤 서기관 부경대학교 오창보 교수 가천대학교 함승현 교수
실 무 위 원	정책제도연구부 김명준 부장 산업안전연구부 강정훈 부장 역학조사부 이지혜 부장 직업환경연구실 박정근 선임연구위원 화학물질연구센터 이나루 센터장 흡입독성연구센터 박승현 센터장
담 당	연구기획부 박현희 부장, 이혜실 차장, 김이슬 대리
문 의	052-703-0816
주 소	울산 중구 중가로 400 산업안전보건연구원
편집디자인	엔프레임 주식회사
인 쇄	한결엠

* 본지에 실린 사진과 삽화, 원고는 저작권법의 보호를 받습니다.

차 례

Prologue 근로환경조사를 통해 바라본 산업안전보건	04
----------------------------------	----

OSHRI : Issue

「제6차 근로환경조사」 사업 현황	08
「제6차 근로환경조사」 조사 결과 - 한국 노동자의 일의 질(Job Quality)-	26
노동자의 건강과 웰빙에 미치는 노동환경의 영향 -제6차 근로환경조사 결과를 중심으로-	40

OSHRI : Practice

IoT를 활용한 달비계 작업 안전 기술 개선 연구	52
안전성과 현장 적용성을 개선한 이동식 비계 개발	58

OSHRI : Brief

수중 용접·용단 시 가연성 가스 폭발재해 예방을 위한 안전방안 연구	72
국가별 산업환경의 차이에 따른 사고사망자 발생 수준 비교·분석 연구(I)	74
밀폐공간 형상 및 내부 공기조성에 따른 필요 환기량에 관한 연구	80
제조업 사내 협력업체 사고의 시스템 이론적 분석	84
국내 산업별/직종별 특성과 사망사고 발생 위험 분석(I)	88
폭발위험장소에서의 ICT설비의 활용실태 및 폭발 위험장소 설정기준 개선방안	92
컨베이어 끼임 사망사고 감소 안전성 향상 방안 연구	96

OSHRI : About

텍스트마이닝을 활용한 산업안전보건 분야 트렌드 분석 및 연구과제주제 분석	102
--	-----

OSHRI : Now

요약집으로 한눈에 보는 2021 연구과제	118
제6차 근로환경조사 결과 공표	119
한국산업보건학회 동계학술대회 발표 참가	120
중대재해처벌법 관련, 서울행정학회 학술대회 참가	120
제33회 국제산업보건대회(ICOH) 참가	120
연구원 실험장비 공유 서비스 제공	121

Prologue



“근로환경조사를 통해 바라본 산업안전보건”

우리 사회가 발전해 나감에 따라 우리나라 산업현장의 관심이 성장에서 근로자로 이동하며 자연스럽게 일하는 사람들에 대한 관심으로 이어지게 되었습니다. 생산성과 능률만을 중요시하던 산업현장의 분위기는 저물고 근로자의 안전을 생각하는 시대가 열리며 근로자들 자체에 대한 관심, 안전하게 일할 수 있는 권리를 보장하는 개념인 산업재해 예방을 생각하게 된 것입니다.

이러한 시대의 관심으로 탄생한 것이 바로 근로환경조사입니다. 근로자가 당면한 현재의 위험요소를 해결하고 미래의 위험을 대비할 수 있는 기초자료를 제공하는 근로환경조사를 통해, 코로나19라는 팬데믹 상황 등 새롭게 등장한 요인들을 살펴보고 급변하는 근로환경에서 근로자가 어떻게 반응하는지를 이번호에서 살펴보고자 합니다. 또한, 우리나라 산업현장의 사망재해 예방이라는 주제로 practice(실용화 사례)와 brief(연구요약) 섹션을 구성하여 산업환경 전반을 진단하고 산업재해를 예방할 수 있는 방안들을 알아보려 합니다.

빠르게 바뀌는 사회의 흐름 속에 일하는 사람들의 근로환경을 읽어내고, 유해위험요인을 선도적으로 짚어내는데 노력을 거듭하여 안전한 산업현장을 만드는데 기여할 수 있도록 연구원이 앞장서도록 하겠습니다.

OSHRI : Issue

01. 「제6차 근로환경조사」 사업 현황

02. 「제6차 근로환경조사」 조사 결과

- 한국 노동자의 일의 질(Job Quality)-

03. 노동자의 건강과 웰빙에 미치는 노동환경의 영향

-제6차 근로환경조사 결과를 중심으로-

OSHRI:Issue는 시의적절하고 중요성 있는
산업안전보건 이슈를 소개하고 연구동향을 분석하여 새로운 인사이트를 제시합니다.

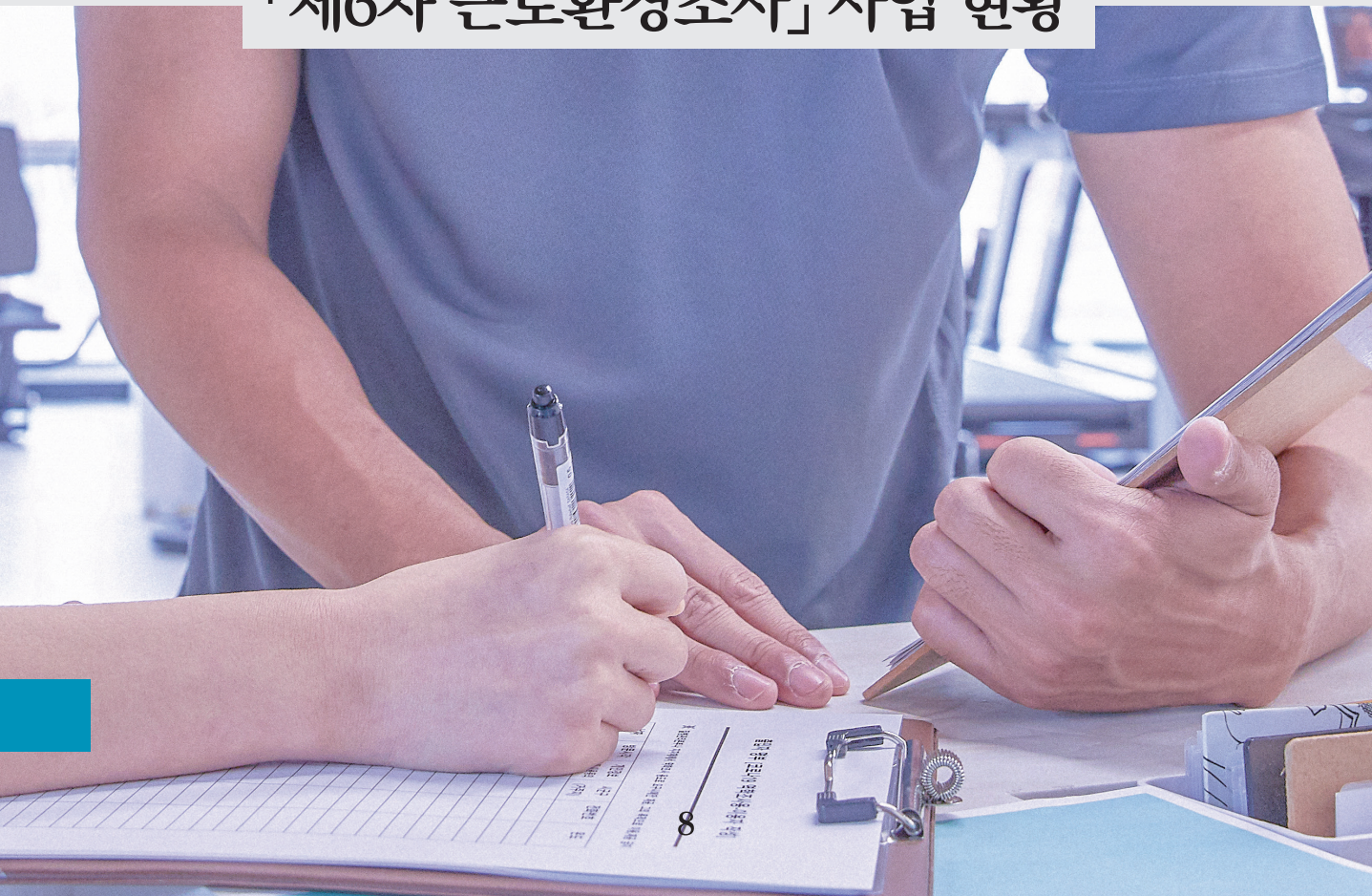
01

안전보건공단 디지털전략본부 빅데이터부

이창훈 과장



「제6차 근로환경조사」 사업 현황



주요 내용 요약

- | 최근 감정노동자의 정신적 스트레스가 산업재해로 인정되는 등 기존의 산업재해 관심영역이었던 기계적·물리적·화학적 위험요인뿐만 아니라 사회·심리적 요인, 인간공학적 요인, 일과 삶의 균형 등 복합적인 근로환경에 대한 자료의 필요성이 증가하게 됨. 이에 산업안전보건연구원에서는 2006년부터 산업안전보건에 영향을 미치는 다양한 근로환경을 조사하여 산재예방 기초자료 수집을 목적으로 근로환경조사를 실시함
- | 제6차 근로환경조사는 2020년에 실시되었으며, 조사 대상은 만 15세 이상 취업자 5만 명으로, 조사항목은 취업자의 근로환경 파악이 가능한 가구현황, 일에 관한 사항, 근로시간, 노동력구조, 업무환경, 폭력/차별, 응답자 특성 등 130여 문항으로 구성. 표본추출틀은 통계청 2018년 등록센서스를 활용하며, 조사방법은 전문 조사원이 가구를 방문하여 1:1 면접조사를 원칙으로 함
- | 본 리포트는 2020년 제6차 근로환경조사의 조사개요, 통계설계와 자료수집 과정을 개괄적으로 설명. 조사개요는 조사연혁과 조사대상, 조사 추진일정을 소개하며, 통계설계는 조사항목 개발과 표본설계 과정을 설명하고 조사실시는 조사방법, 조사원 채용 및 교육, 조사실시와 자료검토 과정에 대해 설명

I. 서론

대한민국의 산업재해율은 1970년대 4%대에서 40년 후인 2010년대에는 0.5%대로 감소하였으나,¹⁾ 2000년대 이후 근골격계 질환 등 직업병 문제가 사회적 문제로 대두되었다. 또한, 감정노동자의 정신적 스트레스가 산업재해로 인정²⁾되는 등 기존의 산업재해 관심영역이었던 기계적, 물리적, 화학적 위험요인뿐만 아니라 사회·심리적 요인, 인간공학적 요인, 일과 삶의 균형 등 복합적인 근로환경에 대한 자료의 필요성이 증가하게 되었다. 이에 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원(이하 연구원)은 EU 산하 연구기관인 Eurofound의 유럽근로환경조사(EWCS; European Working Conditions Survey)를 벤치마킹하여, 2006년부터 제1차 근로환경조사(KWCS; Korean Working Conditions Survey)를 시작으로 2020년 제6차 조사를 완료하였다(산업안전보건연구원, 2021).

유럽근로환경조사는 근로자와 자영업자를 대상으로 다양한 근로환경과 위험요인, 직장 내 동료 및 상사와의 관계, 일과 삶의 균형 등 유럽 노동의 질과 고용문제에 대한 정책적 기초자료를 제공한다. 조사주기는 5년으로 가장 최근 완료된 조사는 2015년 제6차 유럽근로환경조사이며, 조사대상 국가는 총 35개국³⁾이다(Eurofound, 2017). 2020년 제7차 조사를 기획하였지만, 유럽 전역에 COVID-19 감염병 확산으로 현장조사 시작 7주 만에 현장조사를 중단되어 과업을 달성하지 못하였다⁴⁾.

연구원은 근로환경조사의 신뢰성 있는 통계 품질을 확보⁵⁾하기 위해 2006년 제1차 조사부터 통계청 국가승인통계(승인번호 제380002호)로 승인받았다. 조사결과는 통계청 홈페이지(kosis.kr)를 통해 각 항목별 통계표를 제공하고 있으며, 연구원 홈페이지(oshri.kosha.or.kr)를 통해 원시자료 및 보고서, 조사표를 무상으로 제공⁶⁾하고 있다. 2021년 1년간 이용현황으로는 통계청 홈페이지의 통계표 이용건수는 18,146건⁷⁾, 연구원 홈페이지 원시자료 이용 건수는 2,732건이다.

근로환경조사를 활용한 연구 실적으로는 2006년 제1차 조사를 시작으로 2019년까지 총 155편의 논문이 출판되었다(최영은과 박정임, 2019). 또한, 근로환경조사는 통계청 한국표준직업분류와 한국표준산업분류를 사용⁸⁾하여, 직종과 업종을 타겟팅하여 연구가 가능하다. 해당 직·업종 정보를 활용하여 운전직 종사자, 서비스 종사자, 교대근로자, 제조업 근로자, 보건·의료관련 종사자와 사무직

1) 고용노동부(2018), 「2017 산업재해현황분석」

2) 고용노동부 안전보건공단(2019), 「고객응대근로자 건강보호 가이드라인」

3) 2015년 EWCS 기준 EU 28개 국가와 노르웨이, 스위스, 마케도니아 공화국, 몬테네그로, 세르비아, 터키 7개국 포함

4) 본조사 대신에 2021년 3월부터 7월까지 약식 조사표를 전화 인터뷰를 진행하였으며, 본조사는 향후 2024년 이후로 구상하고 있음

5) 국가승인통계로 지정된 통계는 조사 전 통계청으로부터 표본, 조사표, 조사방법 등의 사항을 승인을 받아야 하며, 공표 후에도 주기적으로 품질진단을 거쳐 통계품질을 향상 하여야 함. 이에 근로환경조사의 질을 높이고, 지속적으로 품질을 유지 향상시키기 위해 국가승인통계로 운영하고 있음.

6) 근로환경조사 원시자료는 연구원 홈페이지(oshri.kosha.or.kr)-연구활동-근로환경조사-원시자료 및 보고서 게시판에서 원시자료(국문, 영문), 조사표(국문, 영문)와 보고서 다운로드 가능

7) 통계청 통계DB관리시스템(검색 범위 2021년 1월~12월)

8) 직종은 소분류(3자리), 업종은 중분류(2자리) 정보까지 제공

종사자, 택배원 등 다양한 직종과 업종을 대상으로 근로환경조사 자료가 활용되었다 (신경석, 정윤경과 이해은, 2012; 김현아와 임소희, 2021; 이해영과 최승혜, 2019; 김현규, 서유리와 조교영, 2018; 이운정과 김현리, 2016; 이태훈과 조교영, 2020; 이운정, 2019). 근로환경조사를 활용한 연구주제로는 야간 근무 및 장시간 노동, 업무관련 건강문제, 유해인자 노출, 사회·심리적 요인, 일-생활 균형, 직장 내 성희롱, 근로환경만족도 등 다양한 주제로 근로자들의 근로환경의 현황과 개선을 위한 연구들이 진행되었다 (김채봉, 정태영과 한성민, 2015; 홍기훈 외 3명, 2011; 김윤희, 2020; 김희재와 김혜민, 2021; 홍경진, 2020; 정지연, 2018; Lee and Park, 2021).

국제 활용 사례로는 ILO 및 Eurofound와 공동으로 국제 근로환경 발전을 위한 2019년 글로벌 리포트인 ‘Working conditions in a global perspective’¹⁾에 대한민국의 분석자료로 근로환경조사가 사용되었다 (Eurofound and International Labour Organization, 2019). 또한, 2021년 OECD에서 유럽 국가, 미국, 한국의 직업 특성을 설명하기 위해 작업 환경의 질을 측정하는 보고서인 ‘The relationship between quality of the working environment, workers’ health and well-being’²⁾에 근로환경조사 자료로 활용되었다 (Murtin et al., 2022).

끝으로, 국내 산업안전보건분야 신진 연구인력 양상 및 예비·우수 연구진 및 신규 연구주제 발굴을 목적으로 근로환경조사를 기반으로 한 논문경진대회를 2014년 제1회를 시작으로 2021년 제8회 논문경진대회까지 매년 개최되었다.

이처럼 근로환경조사는 산업안전보건 분야에서 다각도로 연구할 수 있는 기초자료로 활용되고 있다. 본 리포트는 근로환경조사 이용자들이 자료 이용 전 조사에 대한 기본 개념에 대한 이해를 돕기 위해 작성하였다. 해당 리포트에는 근로환경조사에 관한 조사개요부터 조사 설계, 자료수집 과정에 대한 전반적인 내용을 포함한다. 각 항목별 세부사항은 연구원 홈페이지에 게시된 제6차 근로환경조사 보고서들을 참고하기 바란다.

1) 보고서 url : https://www.ilo.org/global/publications/books/WCMS_696174/lang--en/index.htm

2) 보고서 url : <https://www.oecd.org/publications/the-relationship-between-quality-of-the-working-environment-workers-health-and-well-being-c3be1162-en.htm>

II. 조사개요

조사 연혁

근로환경조사의 연혁은 <표 1>과 같으며 2006년 제1차 조사를 시작으로 2020년 제6차 조사를 완료하였다. 근로환경조사의 조사대상은 만 15세 이상 취업자로 조사일 기준 직전 주(월~일)에 '수입'을 목적으로 1시간 이상 일한 자¹⁾를 의미한다. 조사규모는 5만 가구이며, 조사지역은 전국 17개 시도이다. 조사주기는 2011년 제3차 조사 이후 3년 주기로 진행되고 있다.

[표1] 근로환경조사 연혁

조사년수	6차(2020년)	5차(2017년)	4차(2014년)	3차(2011년)	2차(2010년)	1차(2006년)
조사대상	만 15세 이상 취업자					
조사방법	가구방문 면접조사					
조사주기	3년	3년	3년	1년	4년	4년
표본수	50,000명	50,000명	50,000명	50,000명	10,000명	10,000명
주요 조사항목	EWCS 항목, 감정노동 등	EWCS 항목, 감정노동 등	EWCS 항목, LFS* 항목, 감정노동, 직업력 등	EWCS 항목, LFS 항목, 흡연, 대사질환, 감정노동 등	EWCS 항목, LFS 항목, 흡연, 대사질환, 원·하청관계 등	EWCS 조사항목

* LFS(Labour Force Survey) : 노동시장에 대한 데이터 수집하기 위해 EU국가 및 일부 비EU국가 대상 매년 실시.
국제노동기구(ILO)에서 정의한 실업을 산출에 활용됨.

조사 대상

근로환경조사의 최종 조사대상자는 표본 가구 내 상주하는 만 15세 이상 취업자로 취업자의 기준은 통계청의 경제활동인구조사나 유럽근로환경조사와 동일하다. 응답자의 종사상지위 구분은 고용원이 없는 자영업자, 고용원이 있는 자영업자/사업주, 임금근로자(피고용자), 무급가족종사자이다. 연령은 고령화 사회의 노동력 구조를 반영하기 위해 응답자의 최고 연령의 제한은 없다. 목표 모집단은 조사 시점 기준 대한민국에 거주하는 모든 가구 내 만 15세 이상 취업자이며, 조사 모집단은 조사구 내 가구에 거주하는 만 15세 이상 취업자이다. 조사단위는 가구당 1명으로 가구에 적격 대상자가 2명 이상인 경우 면접원이 휴대한 태블릿PC를 통해 임의적으로 최종 적격 응답대상자를 선정한다.

[표2] 근로환경조사 조사 대상

구분	6차(2020년)
목표 모집단	조사시점 현재 대한민국에 거주하는 모든 가구 내 만 15세 이상 취업자(근로자, 사업주와 자영업자 포함)
조사 모집단	2018년 인구주택총조사 기준, 아파트 조사구 및 일반 조사구 내 가구에 거주하는 만 15세 이상 취업자
조사대상	전국 17개 시도 50,000가구의 만 15세 이상 경제활동을 하는 취업자 (조사 시점을 기준으로 지난 1주간 '수입'을 목적으로 1시간 이상 일한 자)
조사단위	개인(가구당 1명)

1) 무급가족종사자와 일시 휴직자(육아, 기타 사유 등), 기타 종사자(특수형태근로 종사자)도 조사대상에 포함됨

조사 추진일정

근로환경조사는 조사기획 및 준비, 조사설계(조사항목 및 표본설계 포함), 실시준비, 조사실시, 자료처리 및 공표 순으로 진행되었다. 2020년 1월 조사기획 단계부터 2022년 1월 최종 조사결과 공표까지 약 2년 정도의 기간이 소요되었다. 특히, 6차 조사 기간에는 COVID-19 감염병 확산으로 현장조사 중단 발생으로 조사 지연 사유가 발생하여 기본 변경 승인 외 추가적으로 2차례 변경승인을 득하였다.

조사용역업체와 계약 체결 후 조사표와 표본설계부터 진행하였으며, 조사표는 기존 근로환경조사 문항과 신규 작성된 제7차 유럽근로환경조사 문항 내용을 반영하였다. 또한, 조사표 개선을 위하여 전문가 의견 수렴과 인지면접 조사, 현장 예비조사를 실시하여 예상하지 못한 문제점과 요구사항을 반영하여 조사표를 최종적으로 확정하였다. 표본설계는 통계청으로부터 최신 모집단 자료인 2018년 기준 등록센서스 자료를 바탕으로 하였다. 최종 확정된 조사표와 표본을 기준으로 TAPI(Tablet PC Assisted Personal Interviewing) 시스템을 개발하였다.

현장조사를 위하여 조사원 채용 및 교육을 실시하였으며, 표준화된 교육내용 전달과 조사원 품질을 유지하기 위해 '제6차 근로환경조사 조사지침서'를 제작하여 제공하였다. 현장조사는 COVID-19 감염병 전국 확산으로 정부 방역 조치 강화로 현장조사 중단 기간이 발생하여, 2020년 10월부터 2021년 4월 약 20주간 현장조사가 진행되었다. 현장조사 완료 후 데이터 클리닝과 가중치 산출치 작업을 실시하였으며, 최종적으로 2022년 1월 제6차 근로환경조사 자료를 공표하였다.

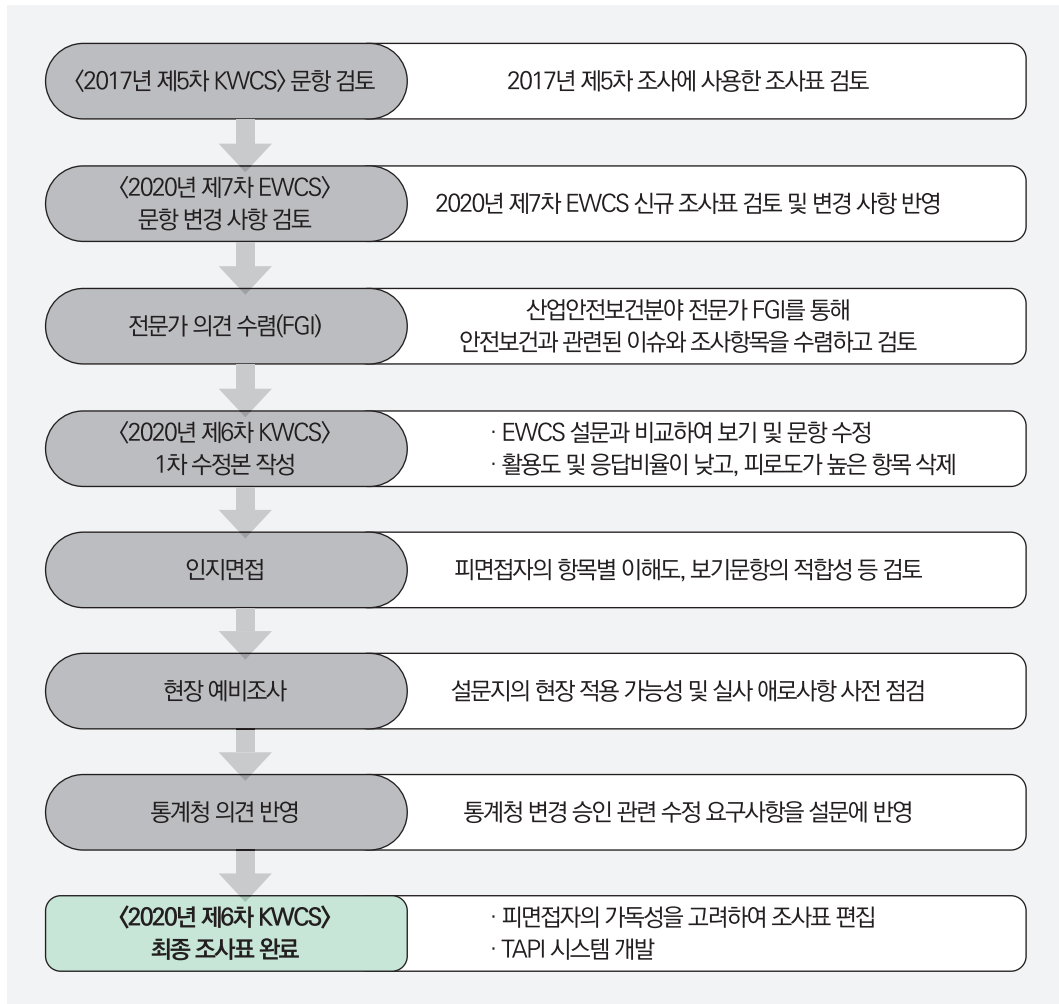
[표3] 근로환경조사 추진일정

일정	추진일정	비고
2020년 1월	제6차 근로환경조사 기획	-
2020년 3월	조사용역업체 계약 체결	-
	유럽근로환경조사 조사표 검토	유럽근로환경조사 조사표 번역 및 기술적 오류 등 검토
2020년 4월	조사표 검토 및 정리	전문가 의견 수렴 / 연구원, 조사업체 회의
2020년 5월	표본설계	· 통계청 2018년 등록센서스 사용 · MDIS 원격접근서비스 승인/모집단 자료 추출
	조사표 초안 확정	Eurofound 문의 내용 답변 반영
	인지면접 조사	항목별 이해도, 문항 적합성 검토
2020년 6월	조사구 구입 및 정리	조사구 추출, 가구 명부/요도 수령
	현장 예비조사 실시	· TAPI 검증 · 수도권 지역 200명 진행
	통계청 변경 승인 완료	-
2020년 7월	TAPI 시스템 완료	예비조사 결과 및 요구사항 반영
	조사원 지침서 작성	-
	통계청 2차 변경 승인 완료	COVID-19로 현장 조사 기간 변경
2020년 8월	조사원 집체 교육	서울, 부산, 광주, 대구, 대전, 강원, 제주 실시
2020년 9월	통계청 3차 변경 승인 완료	COVID-19로 중단된 현장 조사 10월부터 재개, 현장조사 기간 연장
2020년 10월 ~ 2021년 4월	현장 조사	약 20주간 현장 조사 실시
2021년 5월	데이터 클리닝 및 가중치 산출	경제활동인구조사 비율로 사후 총화
2022년 1월	제6차 근로환경조사 공표	연구원 홈페이지 내 이용 가능

III. 조사준비 및 설계

조사항목 개발

취업자의 노동 환경을 조사하기 위해 가구현황, 일에 관한 사항, 근로시간, 노동력 구조, 업무환경, 근무패턴, 작업속도, 작업특징, 교육/훈련, 조직의 의사소통, 폭력/차별, 건강 영향지표, 근로환경 만족도, 응답자 특성 총 130여 문항으로 조사항목을 구성하였다.



[그림1] 조사항목 개발 절차

조사표 개발 절차는 제5차 근로환경조사 설문 검토, 제7차 유럽근로환경조사 설문 검토, 전문가 의견 수렴(FGI), 1차 수정본 작성, 인지면접, 현장 예비조사, 통계청 의견 반영, 최종 조사표 완료 순으로 진행하였다. 인지면접은 조사표를 확정하기 전 응답자의 반응과 문항별 이해도를 파악하기 위해 실시하였다. 연령, 성별, 직업, 학력이 각기 다른 응답자를 선발하여, 문항별 이해도를

확인하였다. 점검 항목은 문항 간 응답 논리 확인, 이해가 어려운 질문·문구·단어 확인, 응답기준이 모호한 항목 확인, 일관성이 떨어지거나 보기 범주를 벗어난 응답 확인 등으로 수행하였다. 현장 예비조사는 인지면접 결과로 개선된 조사표를 기반으로 현장 조사에서 발생할 수 있는 문제점들을 사전에 점검하기 위해 실시하였다. 표본구성은 수도권 지역으로 한정하고, 20개 조사구별 10명씩 총 200명으로 구성하였다. 점검내용으로는 논리적 오류, 조사진행 절차 문제점, 응답소요시간, 기타애로사항 등을 점검하였다. 예비조사를 실시한 조사원들을 대상으로 간담회를 실시하여, 면접상황에서 발생할 수 있는 문제점들을 파악하였다. 현장 예비조사로 도출된 문제점들은 수정 및 보완하여 본조사에 적용하였다. 최종적으로 확정된 주요 조사항목은 [표4]와 같다.

[표4] 주요 조사항목

구분	내용
가구 현황	가구원 성별, 출생년도, 경제활동상태, 본인 및 부모 출생지 등
일에 관한 사항	직업, 직종, 종사상지위, 근무기간설정여부, 고용계약기간, 근무형태
근로시간	주당 근로시간, 주당 희망 근로시간, 주당 근무일 수, 부업 여부 등
노동력구조	현직장정보, 직장형태, 사업장규모, 전직장 종사상지위, 동일업무 담당자 성별, 부하직원수 등
업무환경	수공구, 기계, 연기, 가루, 먼지 등에 노출정도, 반복동작, 화난고객상대, 계속 서있는 자세등 노출정도, 주요작업장소, 고객방문업무 여부, 개인보호장치 착용유무, 건강과 안전 정보제공 정도 등
근무패턴	출퇴근 시간, 근무횟수, 교대근무 형태, 근무시간의 유연성 등
작업속도	매우 빠른 속도로 일함, 작업속도 결정요인, 작업 중단이 업무에 미치는 영향 등
작업특징	작업특징, 작업선택의 가능성, 작업상황, 작업실수시 파급정도, 순환작업여부, 구성원의 자율성, 팀구성여부, 직속상사의 자질 및 태도, 직속상사의 성별 등
교육/훈련	교육훈련경험, 교육훈련평가, 회사에 대한 교육훈련 요구 여부 등
조직의 의사소통	본인 업무성과에 대한 평가경험여부, 근로자 대표여부, 노동조합 유무, 노사협의회/직장협의회 유무, 노동조합가입여부, 경영진의 근로자 의견수렴 여부 등
폭력/차별	차별대우 경험, 언어폭력 피해 여부, 신체적 폭력 피해 경험 여부 등
건강 영향지표	건강상태, 건강문제, 업무가 건강이나 안전에 주는 위협유무, 업무가 건강에 영향을 미치는지 여부 등
근로환경만족도	일자리 지속성, 근로환경 만족도, 조직의 동기부여 여부 등
응답자 특성	학력, 가구소득 기여도, 근로소득 구성, 수입과 지출의 균형정도, 월평균소득, 오랫동안 병을 앓더라도 경제적 걱정이 없는지 여부 등

표본설계

(1) 표본추출틀

표본추출틀은 통계청의 2018년 등록센서스의 전체 조사구 중 섬 및 산간지역, 기숙시설, 특수사회시설, 관광호텔 및 외국인 거주 등의 특수 조사구를 제외한 아파트 조사구와 일반 조사구 리스트이다. 근로환경조사의 조사대상으로 삼은 가구는 '1인 또는 2인 이상이 모여 취사, 취침 등 생계를 같이 하는 생활 단위'로 규정하고, 근로환경조사의 조사대상이 포함되는 일반가구는 ① 가족으로 이루어진 가구, ② 가족과 5인 이하의 남남이 함께 사는 가구, ③ 가족이 아닌 5인 이하의 남남이 함께 사는 가구, ④ 1인 가구, ⑤ 한국어로 의사소통이 가능한 외국인 가구로 구분된다. 층화변수는 17개 시도, 거주지역(동부/읍면부), 주택유형 3개 변수로 구성되었다.

[표5] 표본설계 개요

구분	내용
목표 모집단	조사시점 현재 대한민국에 거주하는 모든 가구 내 만 15세 이상 취업자(근로자, 사업주와 자영업자 포함)
조사 모집단	2018년 인구주택총조사 기준, 아파트 조사구 및 일반 조사구 내 가구에 거주하는 만 15세 이상 취업자
표본 추출틀	2018년 통계청 인구주택총조사 조사구
표본 크기	50,000명
표본 조사구	5,000조사구 - 조사구당 10가구
표본 오차	95% 신뢰수준 $\pm 0.45\% p$ (설계효과 1.41 적용 시 $\pm 0.53\% p$)
층화	· 1차: 지역(특광역시: 7개, 도지역 10개) · 2차: 동부/읍면부 · 3차: 주택유형(아파트/일반)
표본 추출단위	· 1차(psu) : 조사구 → 확률비례계통추출 · 2차(ssu) : 조사구 내 가구 → 계통추출 · 최종조사단위 : 적격가구원 중 1인 랜덤(테블릿 프로그램 적용) 선정
표본 배정방식	· 시/도 : 조사구 수 기준 변형비례배분(비례배분+150개 이하 시도는 조정) · 동부/읍면부 : 조사구 수 기준 비례배분 · 주택유형(일반/아파트) : 조사구 수 기준 비례배분 · 150개 이하 할당 시도는 150개로 조정 · 세종시는 40개 배분 후 기타 시도 비례할당 기준 조정



(2) 표본추출

표본크기는 현실적인 조사비용과 2017년 5차 조사에서 생산한 통계의 정도(precision)을 고려하여 50,000명(가구당 1명)으로 정하였다. 조사구당 10가구 조사를 원칙으로 하여, 1차 추출단위인 표본 조사구는 5,000개다. 이에 표본오차는 95% 신뢰수준에서 기대표본오차는 $\pm 0.45\%$ 이다. 표본배분은 통계공표 단위별 취업자에 대하여 일정 수준 이상의 정확도(precision)에 중요한 영향을 미친다. 그러므로 각 시도 단위별로 일정 크기 이상의 표본이 배분되도록 하였다. 1차 추출단위(PSU; primary sampling unit)는 조사구, 2차 추출단위(SSU; secondary sampling unit)는 가구, 최종 추출단위(FSU; final sampling unit)는 가구원 중 취업자로 조사단위가 된다. 전체 50,000명 중 조사구당 10가구씩 조사하므로 총 5,000개의 조사구가 필요하다. 17개 시도별 할당은 먼저 150개 조사구를 우선 할당(단, 세종시는 40개 조사구 우선할당)한 후 나머지는 주어진 조사구수를 기준으로 비례배분하였으며, 조사구가 가장 적은 세종시에서도 최소한 유효표본인원이 확보되도록(300명 이상)하여 시도별 통계가 유의한 수준의 정도(precision)를 갖도록 하였다.

[표6] 시도별, 지역별, 주택유형별 조사구의 할당 결과

구분	시도별 할당 결과		표본추출률 (조사구기준)	지역과 주택유형 할당조사구		
	조사구	인원기준		동부아파트	동부일반주택	읍면지역
전국	5,000	50,000	0.0136	2,185	1,863	952
서울	906	9,060	0.0132	385	521	0
북서부	163	1,630	0.0132	59	104	0
북동부	276	2,760	0.0131	118	158	0
남서부	281	2,810	0.0132	110	171	0
남동부	186	1,860	0.0132	98	88	0
부산	336	3,360	0.0132	186	150	0
대구	222	2,220	0.0131	124	98	0
인천	257	2,570	0.0132	138	119	0
광주	150	1,500	0.0147	96	54	0
대전	150	1,500	0.0143	83	67	0
울산	150	1,500	0.0186	89	61	0
세종	40	400	0.0177	30	10	0
경기	1,121	11,210	0.0132	537	385	199
중북부	653	6,530	0.0132	313	222	118
남부	468	4,680	0.0132	224	163	81
강원	160	1,600	0.0132	51	38	71
충북	160	1,600	0.0132	50	36	74
충남	215	2,150	0.0132	56	37	122
전북	184	1,840	0.0132	72	49	63
전남	187	1,870	0.0132	48	28	111
경북	283	2,830	0.0132	78	61	144
경남	329	3,290	0.0132	119	83	127
제주	150	1,500	0.0300	43	66	41

가중치

근로환경조사와 같이 표본의 규모 큰 조사의 경우 추정량의 편향이 발생할 수 있으므로 추정과정에서 가중치를 적용하여야 한다. 근로환경조사에서는 가중치를 설계가중치 산정, 경제활동 인구조사 결과 이용한 조정, 최종 가중치로 구분된다.

설계가중치는 층화 및 층별 표본배정이 이루어지는 동시에 각 조사구의 적격 가구수를 사전에 파악할 수 없으므로 등확률추출법으로 표본추출이 불가능하고 자체가중설계에 해당하지 않아 설계 가중치를 계산하여야 한다. 각 표본가구의 추출확률의 역수로 설계가중치 계산이 가능하다.

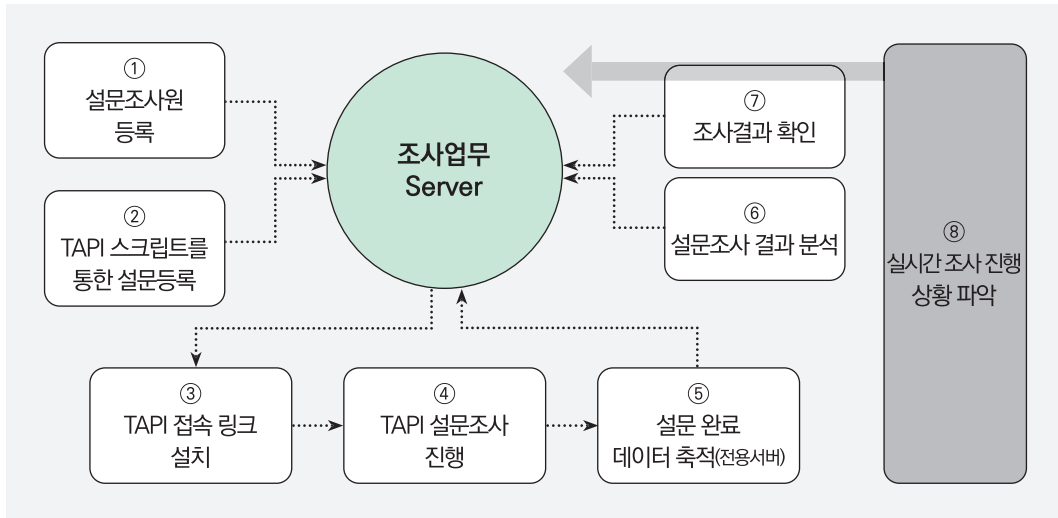
경제활동인구조사 결과를 이용한 조정은 모집단 정보를 이용한 가중치 조정으로, 경제활동 인구조사는 근로환경조사의 조사대상이 동일하고, 조사방법도 유사하다. 이에 경제활동인구조사 결과에 레이킹 비 방법(Raking ratio method)을 적용하여 가중치를 조정하였다. 가중치 조정은 성, 연령대별 취업자 수, 산업대분류별 취업자 수, 종사자지위별(임금근로자, 고용주, 자영업자, 무급종사자) 취업자수의 모집단을 레이킹 비 방법을 적용하여 추정한 후 사후층화 보정을 진행하였다.

최종가중치는 설계가중치와 경제활동인구조사 결과를 이용한 조정으로 구하였다. 응답자 개인별로 적용할 최종가중치는 설계가중치, 무응답보정가중치와 사후층화 보정가중치를 곱해서 계산하였다.

IV. 자료수집

조사방법

근로환경조사는 전문 조사원이 가구를 방문하여 일대일 면접조사 방식으로 조사를 진행하며, 조사원은 태블릿PC로 응답내용을 기록하는 기법인 TAPI방식으로 자료를 수집하였다. TAPI 도입 이유는 유럽근로환경조사가 지난 6차(2015년) 조사부터 TAPI를 활용하였으며, 연구원도 5차(2017년) 조사부터 TAPI방식을 전면 도입하였다. TAPI를 도입함으로써 가지는 장점은 첫 번째, 문항 간 로직과 응답 범위를 사전에 정의하여, 통계처리 시간을 단축하고 자료의 정확성을 높일 수 있다. 두 번째는 태블릿PC화면에 문항을 이해할 수 있는 참고자료를 함께 표시하여 응답자의 문항 이해도를 높일 수 있다. 세 번째는 조사원의 방문기록, 응답시간 등의 조사를 수행함으로써 발생하는 모든 자료가 전산으로 수집되어 체계적으로 조사원 및 현장실사를 관리할 수 있다.



[그림2] TAPI 시스템 흐름도

COVID-19 감염병 확산으로 가구방문 면접조사 진행의 어려움으로 비대면조사 방식을 병행하였다. 가구 방문 시 대면조사가 가능한 경우 그대로 진행하고, 대면조사가 기타의 사유로 곤란한 경우 자기기입식¹⁾과 온라인조사 방식의 비대면 조사를 수행하였다. 근로환경조사 문항의 수가 많고, 로직이 복잡하여 전화조사 방식은 도입하지 않았다.

조사원 채용 및 교육

조사원 채용 시 조사내용, 조사방법, 조사절차, 조사도구 4가지 사항을 경험한 조사원을 채용하였다. 조사내용은 근로, 노동, 산업안전보건 등 유관 조사 경험, 조사방법은 조사구를 이용한 가구방문조사 경험, 조사절차는 통계청 승인통계 경험, 조사도구는 TAPI를 활용 경험을 의미한다. 해당 사항 중 경험이 많은 순으로 정렬 후 우선 선발하였다.

조사원 교육은 각 지역별 집체 교육방법으로 진행하였으며, 교육 내용은 조사개요, 현장조사 방법 및 실사 지침, 조사 관련 주요 개념, 조사표 항목별 설명 및 응답방법, TAPI 교육 및 실습, 조사원 테스트 순으로 진행하였다. 표준화된 교육내용을 전달하기 위해 '제6차 근로환경조사 지침서'를 제작하여 교육을 진행하였다. 테스트에 불합격한 조사원은 조사에 제외시키거나 재교육을 실시하였다. 집체 교육은 서울, 부산, 대구, 대전, 광주, 강원, 제주 지역별로 실시하였으며, COVID-19 감염을 대비하여 소그룹으로 인원을 오전/오후로 나눠서 교육을 진행하였다. 현장조사 진행 중 중도에 포기한 조사원이 발생하여 새로운 조사원을 채용한 경우나 조사 진행이 미흡한 조사원이 발생한 경우 추가/수시 교육을 별도로 실시하여 조사원의 질을 유지할 수 있도록 하였다.

조사원 투입 현황은 조사원 교육에 참여한 인원은 404명, 중도 탈락 인원 51명, 추가 투입 36명으로 총 389명의 조사원이 투입되었다.

1) 응답자가 종이조사표의 설문을 완료 후에 면접원에게 종이조사표를 전달하는 조사 방식

[표기] 조사원 투입현황

지역	표본배분현황		교육 참여인원	중도 탈락인원	추가 투입인원	최종 조사인원
	조사구 수	표본 수				
서울/인천/경기	2,284	22,840	166	22	30	174
부산/울산/경남	815	8,150	71	7	1	65
대구/경북	505	5,050	48	8	0	40
대전/세종/충남/충북	565	5,650	44	4	2	42
광주/전남/전북	521	5,210	52	7	0	45
강원	160	1,600	13	0	0	13
제주	150	1,500	10	3	3	10
총합계	5,000	50,000	404	51	36	389

조사실시

(1) 조사준비

조사실시 전 조사원 지침물로는 명부 및 요도, 보기카드, 응답자 답례품, 조사협조 공문, 조사원 패찰을 제작하여 제공하였다. 조사 명부 및 요도는 통계청 등록센서스에서 제작한 시도별 가구 명부 및 요도를 구입하여 조사에 맞도록 가공하여 TAPI에 탑재하였다. 보기카드는 조사 전체 문항을 스프링 형태로 제본하여, 응답자가 태블릿PC의 화면으로 응답이 어려운 경우 응답자가 직접 보기카드를 보고 응답할 수 있도록 하였다. 원활한 조사협조를 위하여 공문과 응답자 답례품, 조사원 패찰도 함께 지참하도록 제공하였다.

응답자의 적극적인 참여와 원활한 조사 진행을 위해 근로환경조사 홍보를 적극적으로 하였다. 홍보 방법으로는 홈페이지 팝업배너 광고, 조사 안내 현수막 게재, 포스터 부착, 아파트 관리사무소 협조 공문 전달, 부재 가구에 조사안내문 부착 등의 방법을 활용하였다. 별도의 근로환경조사 홈페이지를 개설하여 응답자가 언제 어디서나 접근 가능하도록 구성하여, 조사 실시 여부를 비롯한 응답자 질의사항, 의견 제시 등을 대처하였다. 남남이 함께 사는 사구, ④ 1인 가구, ⑤ 한국어로 의사소통이 가능한 외국인 가구로 구분된다. 층화변수는 17개 시도, 거주지역(동부/읍면부), 주택유형 3개 변수로 구성되었다.



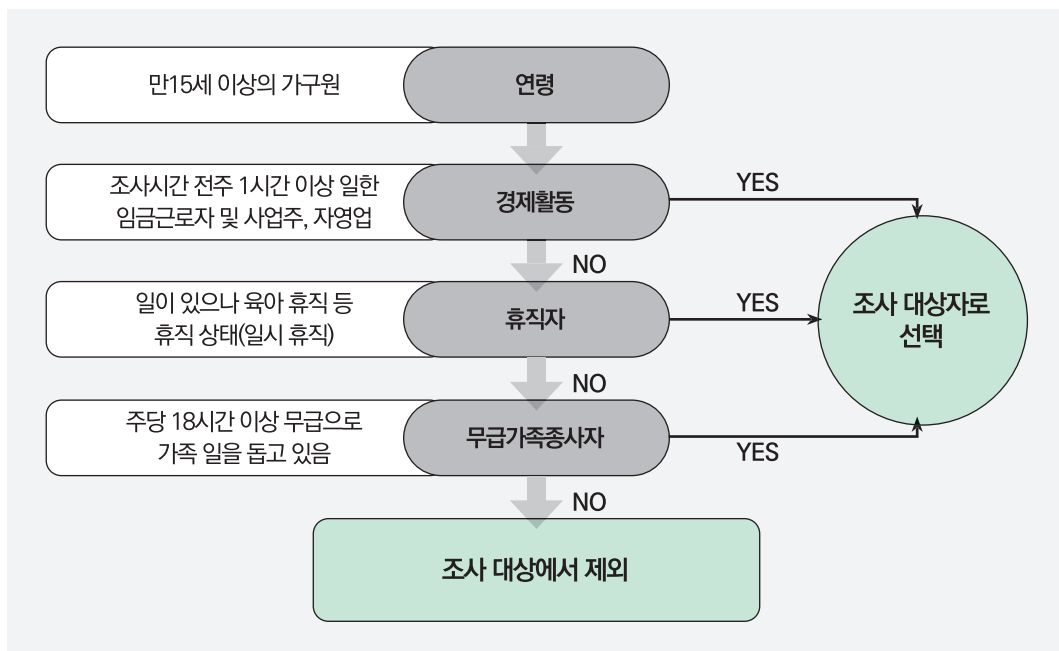
[그림3] 조사 홍보 포스터, 온라인 조사 참여 안내문, 조사 안내문

(2) 현장조사 관리체계

현장조사 관리체계는 1차 지역별 현장조사 실사 진행팀, 2차 실사용역수행업체의 실사 운영팀, 3차 실사용역수행업체의 실사총괄, 4차 연구원 순으로 관리체계를 구성하였다. 연구원은 조사관리 및 조사업무 제반을 점검하고, 실사용역업체 실사 총괄은 조사 총괄지원, 일정관리, 진행 현황 파악을 담당하고, 실사용역업체 실사 운영팀은 실사 전반에 대한 관리, 홍보 등을 담당하고, 실사용역업체 실사 진행팀은 각 지역 조사원 선발 및 관리, 태블릿PC 및 답례품 관리 등의 업무를 담당하였다. 별도의 품질관리 용역 수행 기관을 두어 현장조사 품질관리 항목(조사원칙 준수 여부, 자료입력 내검, 전화현장 검증 수행, 조사 완료 자료 검수 등)을 중점적으로 관리하도록 하였다.

(3) 적격 조사대상자 선정

최종 조사대상자 선정을 위해 대상 가구의 가구원리스트를 작성하고, 가구원 중 적격 조사대상자를 확인한다. 적격 조사대상자가 한 가구에 2명 이상인 경우 TAPI에 내장된 로직에 의해 임의로 대상자를 선정한다. 적격 조사대상자는 고용원이 없는 자영업자, 고용원이 있는 자영업자/사업주, 임금근로자(피고용자), 무급가족종사자, 일시 휴직 상태인 자¹⁾이다.



[그림4] 적격 조사대상자 선정 절차

1) 일시 휴직 상태 기준은 일시적 병, 사고, 휴가, 연가, (교사, 교수들의)방학, 교육 훈련, 육아, 가족적 이유, 노사분규, 사업부진 조업중단에 해당되는 경우

(4) 무응답 대처

항목무응답은 ‘모름/무응답’과 ‘거절’을 조사표와 TAPI에 선택할 수 있도록 하였다. 항목무응답 발생을 최소화하기 위해 실사 단계에서 조사원 교육 및 관리/감독을 강화하였고, 실사 후 단계에는 응답자에게 전화로 재확인하여 무응답을 최대한 보완하도록 하였다. 단위무응답은 조사구 및 표본교체로 발생하지 않았다.

(5) 표본대체

조사원은 응답자를 만나기 위해 대상 가구를 최대 4회 방문하여야 하고, 방문 시 요일과 시간대를 달리하여야 한다. 접촉을 못 한 경우 재방문을 위해 안내문을 우편함에 넣거나 이웃 등을 통하여 조사 가능 시간대에 재방문 하도록 하였다. 방문 시마다 방문기록을 반드시 기록하여야 하며, 조사원이 방문 원칙을 준수하여 방문 하였음에도 적격 조사대상자가 없거나, 강력한 거절, 장기부재, 출입 불능 등의 사유가 발생하면 표본대체를 실시한다.

전체 5,000개의 조사구 중 505건의 대체가 발생하였으며, 대체 사유를 살펴보면 관리사무소 거절, 적격가구수 부족, 출입/접근 불가 등으로 응답자를 접촉 자체가 어려운 경우가 450건, 재개발/재건축, 집단시설 등으로 비적격 조사구가 51건, 조사원의 방문 원칙 미준수로 삭제되어 대체된 조사구 4건으로 나타났다.

미국 여론 조사협회(APPOR: American Association for Public Opinion Research)에서는 가구 방문 상황을 7가지로 기록하고, 응답률, 협조율, 거절률, 접촉률을 계산한다. 7가지 상황은 적격자 면접완료, 적격자 거절/중단, 적격자 면접불능, 적격자 접촉 불능, 적격자 미확인, 비적격 가구와 가구원 부재로 구성된다. 제6차 근로환경조사의 응답률, 협조율, 거절률, 접촉률은 <표 8>와 같으며, 직전 조사인 5차 조사보다 소폭 하락하였다. COVID-19 감염병 확산과 가구방문 조사의 어려움 등의 원인으로 판단된다.

[표8] 가구 접촉 관련 비율보고

구분	2020 KWCS	2017 KWCS	2014 KWCS	2011 KWCS	2010 KWCS	2006 KWCS	2015 EWCS	2010 EWCS	2005 EWCS
응답률	0.349	0.449	0.330	0.354	0.355	0.349	0.425	0.442	0.47
협조율	0.598	0.640	0.699	0.662	0.616	0.590	0.676	0.596	0.66
거절률	0.235	0.253	0.142	0.180	0.221	0.242	0.204	0.299	0.24
접촉률	0.590	0.721	0.494	0.566	0.600	0.592	0.655	0.763	0.77

자료검증

조사 완료된 자료는 내검 과정을 거치게 된다. 자료 내검 절차는 1차 내검, 2차 내검, 검증 및 코딩, 데이터클리닝 4단계로 진행된다. 1차 내검은 조사대상자 적격여부와 무응답 문항 비율, 응답자 정보 확인, 방문 일지를 확인한다. 2차 내검은 전문 에디터에 의해 조사 문항 간 로직 확인,

주관식 응답 범위 확인, 무응답 보완 조사가 실시된다. 검증 및 코딩은 전화 검증으로 설문 응답 여부와 성별, 나이, 거주 지역, 종사상지위 등의 정보를 확인하고, 주관식으로 응답받은 직업, 산업 항목을 분류한다. 데이터클리닝은 항목 분기 체크와 주요 항목 리체크, 빈도분석을 통한 이상값 확인 등을 포함한다.

IV. 결론

통계설계부터 자료수집과정을 거쳐 총 50,538명의 취업자가 조사되었으며, 인구사회학적 특성별로 산출된 응답자 특성은 [표9]와 같다. 본 리포트는 근로환경조사에 대한 사업 현황을 개괄적으로 설명하는 자료이므로, 세부적인 수치와 결과가 필요한 경우 연구원 홈페이지에서 제공되는 원시자료 및 보고서를 참고하기 바란다.

제6차 근로환경조사는 체계적인 조사기획과 통계설계, 자료수집 과정으로 신뢰성 있는 통계품질 확보를 위해 노력하였다. 그러나 COVID-19 감염병 확산의 영향으로 2차례 조사중단과 가구 방문 조사의 어려움으로 현장조사 기간이 2020년 10월부터 2021년 4월(약 7개월, 조사중단 기간 3개월 포함)로 예정 현장조사 기간보다 더 많은 기간이 소요되었다. 이에, 장기간 현장조사로 현장조사 초반과 후반에는 상당기간 시간 간극이 존재하고 있으므로, 자료 해석 시 참고하기 바란다. 현장조사 시 COVID-19로 인한 가구방문의 어려움으로 비대면 조사방식을 병행함으로써 기존 조사에 존재하지 않은 모드효과(mode effect)의 가능성도 품고 가지고 있다. 향후, 가구방문조사의 어려움은 더 심화될 수 있으므로, 혼합조사 도입방안에 대한 연구도 필요할 것으로 판단된다. 또한, 유럽근로환경조사의 경우 2020년 제7차 조사가 COVID-19로 본조사 대신에 약식조사만 실시되었고, Eurofound서는 COVID-19로 동일 문항의 시계열 추세 분석이 제한이 존재할 수 있다고 안내하고 있다. 이에, 제6차 근로환경조사도 긴 시간동안 현장조사가 수행되고, COVID-19라는 특수한 상황 속에서 조사가 수행된 만큼 추세분석에 각별한 주의를 바란다.

근로환경조사는 취업자의 산업안전보건에 영향을 미치는 다양한 근로환경을 조사하여 산재예방 정책의 기초자료와 연구자료를 제공한다. 50,000명을 조사하는 대규모 가구방문 조사이면서, 근로환경과 관련된 다수의 문항을 조사함으로써 다양한 성별, 연령, 종사상지위 등의 사회·인구학적 요인으로 파악이 가능하다. 또한, 통계청 한국표준직업분류와 한국표준산업분류로 분류된 직종과 업종 정보를 제공함으로써, 특정 산업과 직업에 종사하는 취업자들만을 선별하여 파악 및 연구가 가능하다. 통계청 경제활동인구조사가 근로환경조사와 조사대상이 유사하지만, 경제활동인구조사는 조사항목 구성이 취업자의 경제활동 현황에 초점이 맞춰 있어서 다양한 근로환경 파악에는 한계가 존재한다. 이에, 근로환경조사는 취업자가 사업장에서 근무 중에 발생한 다양한 요인에 대해 연구가 가능하다는 장점을 지니고 있어 자료 존재의 가치가 있다. 앞으로 근로환경조사가 취업자의 산업재해 감소, 건강과 삶의 질 향상 등 근로환경 개선에 필요한 자료로 지속적으로 활용될 수 있기를 바란다.

[표9] 응답자 특성

구분		인원수	비율	인원		비율
계		50,538	100.0%			
성별	남성	28,898	57.2%	업종	농업, 임업 및 어업	2,587 5.1%
	여성	21,640	42.8%		광업	7 0.0%
연령	15-19세	314	0.6%		제조업	8,256 16.3%
	20-29세	6,776	13.4%		전기, 가스, 증기 및 공기 조절 공급업	272 0.5%
	30-39세	9,843	19.5%		수도, 하수 및 폐기물 처리, 원료 재생업	170 0.3%
	40-49세	11,817	23.4%		건설업	3,846 7.6%
	50-59세	11,882	23.5%		도매 및 소매업	6,331 12.5%
	60세 이상	9,906	19.6%		운수 및 창고업	2,897 5.7%
종사 상 지위	고용인이 없는 자영업자	7,827	15.5%		숙박 및 음식점업	3,959 7.8%
	고용인이 있는 자영업자/사업주	2,444	4.8%		정보통신업	1,649 3.3%
	임금근로자	38,518	76.2%		금융 및 보험업	1,494 3.0%
	상용근로자	30,106	78.1		부동산업	985 1.9%
	임시근로자	6,119	15.9		전문, 과학 및 기술 서비스업	2,233 4.4%
	일용근로자	2,293	6.0		사업시설 관리, 사업 지원 및 임대업	2,520 5.0%
	무급가족종사자	1,749	3.5%		공공 행정, 국방 및 사회보장 행정	2,134 4.2%
직종	관리자	388	0.8%	사업장 규모	교육 서비스업	3,390 6.7%
	전문가 및 관련종사자	10,600	21.0%		보건업 및 사회복지 서비스업	4,575 9.1%
	사무 종사자	8,903	17.6%		예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업	894 1.8%
	서비스 종사자	5,608	11.1%		협회 및 단체, 수리 및 기타 개인 서비스업	2,134 4.2%
	판매 종사자	5,228	10.3%		가구 내 고용활동 및 자가 소비 생산 활동	192 0.4%
	농림어업 숙련 종사자	2,495	4.9%		국제 및 외국기관	13 0.0%
	기능원 및 관련 기능 종사자	4,411	8.7%		1~49명	40,036 79.2%
	장치, 기계 조작 및 조립 종사자	5,554	11.0%		50~299명	5,979 11.8%
	단순노무종사자	7,349	14.5%		300명 이상	3,087 6.1%

참고문헌

- 김윤희, "한국근로자의 직장 내 유해인자 노출과 장기적인 건강문제의 관련성: 제5차 근로환경조사를 이용하여.
"한국직업건강간호학회지29.1(2020):58-68.
- 김채봉, 정태영, 한성민, "야간 근무 및 장시간 노동과 주관적 불면증 여부의 관계: 제3차 근로환경조사.
"보건의료산업학회지9.1(2015):41-55.
- 김현규, 서유리, 조교영, "제조업 근로자의 근무환경이 건강상태에 미치는 영향.
"한국데이터정보과학회지29.6(2018):1555-1563.
- 김현아, 임소희, "교대근무 서비스 종사자의 생활만족도에 미치는 영향: 제 5차 근로환경조사를 이용하여.
"한국산학기술학회 논문지22.1(2021):178-187.
- 김희재, 김혜민, "사회심리적 요인별 군집에 따른 근로환경 특성 분석."한국데이터정보과학회지32.2(2021):325-335.
- 산업안전보건연구원 (2021), <제6차 근로환경조사 설문지 및 자료이용 설명서>, 안전보건공단 산업안전보건연구원, 울산.
- 신경석, 정윤경, 이혜은, "2006년 근로환경조사 자료를 이용한 운전직 종사자의 요통과 업무관련 요인.
"대한직업환경의학회지24.1(2012):11-19.
- 이윤정, 김현리, "보건·의료 관련직 근로자의 근로환경과 건강상태가 질병결근에 미치는 영향.
"한국직업건강간호학회지25.3(2016):216-226.
- 이윤정, "국내 택배원의 안녕에 영향을 미치는 근로환경과 건강관련 요인에 관한 융합 연구.
"한국융합학회논문지10.1(2019):329-338.
- 이태훈, 조교영, "사무종사자의 직장 내 관계와 일-생활의 균형 및 근무환경이 직업만족도와 정신건강에 미치는 영향.
"한국데이터정보과학회지31.6(2020):1021-1035.
- 이해영, 최승혜, "한국 교대근무자의 피로에 대한 탐색적 조사 연구: 5차 근로환경조사를 이용하여.
"한국웰니스학회지14.4(2019):1-10.
- 정지연, "성희롱 경험이 여성의 근로환경만족과경력전망에 미치는 영향."여성연구97.2(2018):72-102.
- 최영은, 박정민, (2019). 근로환경조사 자료의 활용에 관한 고찰. 한국산업보건학회지, 29(4), 431-441.
- 홍경진, "간호사의 근무시간의 질이 일-생활 불균형에 미치는 영향."간호행정학회지26.1(2020):11-21.
- 홍기훈, 김대성, 권오준, 김은아, "2차 근로환경조사를 이용한 취업자의 업무 관련 건강 문제로 인한 결근율.
"대한직업환경의학회지23.4(2011):428-438.
- Eurofound (2017), Sixth European Working Conditions Survey - Overview report (2017 update),
Publications Office of the European Union, Luxembourg
- Eurofound and International Labour Organization (2019), Working conditions in a global perspective,
Publications Office of the European Union, Luxembourg, and International Labour Organization, Geneva.
- Lee, C., & Park, S. (2021). Changing factors of employee satisfaction with working conditions: An analysis of
the korean working conditions survey. Safety and Health at Work, 12(3), 324-338.
- Murtin, F., et al. (2022), "The relationship between quality of the working environment, workers' health and
well-being: Evidence from 28 OECD countries", OECD Papers on Well-being and Inequalities,
No. 04, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/c3be1162-en>.

02

산업안전보건연구원 안전보건정책연구실

조윤호 연구위원



「제6차 근로환경조사」 조사 결과

- 한국 노동자의 일의 질(Job Quality)-



주요 내용 요약

- | 제6차 근로환경조사 결과를 “일의 질(Job quality)”을 구성하는 7개 항목을 중심으로 2017년 실시한 제5차 근로환경조사의 결과와 비교
- | 제5차(2017년) 조사 대비 노동환경이 개선된 항목은
 ① 유해·위험요인(13개*)에 대한 노출 ② 노동강도 ③ 노동시간 ④ 폭력·차별
 4개 항목으로 나타남
- | 제5차(2017년) 조사 대비 노동환경이 나빠진 항목은
 ① 동료와 상사의 지지 ② 업무재량권 ③ 직업전망으로 조사됨
- | 노동환경으로 인한 결과에 해당하는 주관적 건강상태, 만성질환, 근골격계질환, 두통·눈의 피로, 불안감, 전신피로, 수면장애 등 건강상태는 부정적인 응답이 대체로 증가



I. 제6차 근로환경조사 결과 공표

산업안전보건연구원은 2022년 1월 말 제6차 근로환경조사 결과를 공표하였다. 제6차 근로환경조사는 2020년에 시작되었으나, 코로나로 인하여 2차례의 조사중단과 가구방문 조사의 어려움으로 인하여 조사가 지연되어 2021년 6월에 조사가 완료되었다.

근로환경조사 결과 공표에 따라 제6차 근로환경에서 나타난 결과를 간략히 정리해 보고자 한다. 근로환경조사의 질문 문항은 130여 개이고, 세부 문항까지 보면 300개 이상으로 구성되어 있어 문항별 분석 대신 “일의 질(Job quality)”을 구성하는 7개 항목¹⁾을 중심으로 2017년 실시한 제5차 근로환경조사의 결과와 비교하였다.

II. 제6차 근로환경조사 결과

노동환경에서 유해·위험 요인에 대한 노출 정도

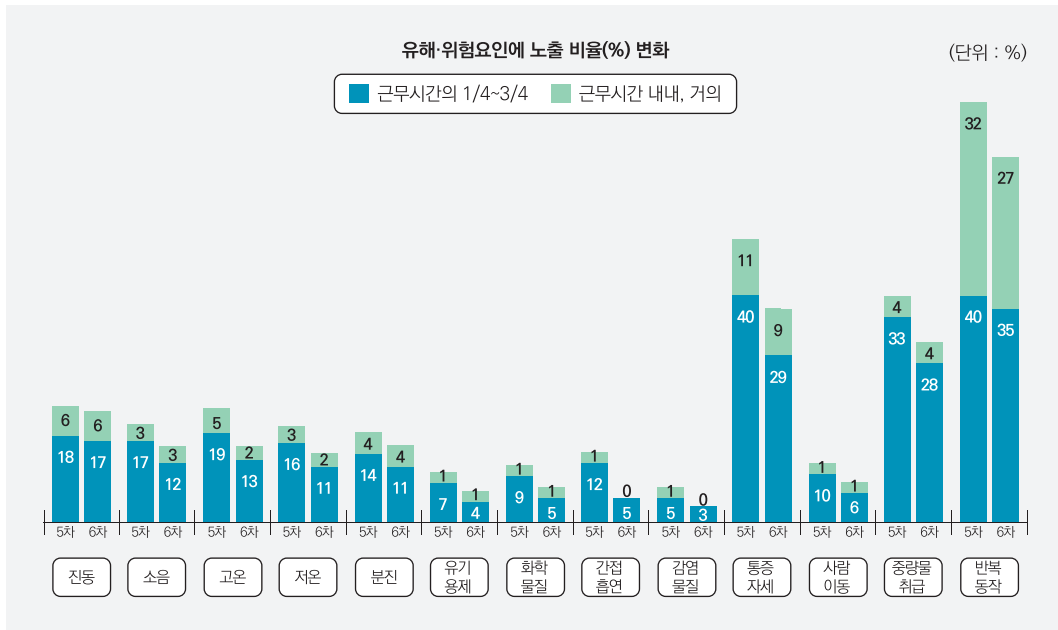
근무시간의 1/4이상 동안 진동, 소음 등 13개의 위험요인에 노출된다고 응답한 사람의 비율은 5차(2017년) 조사에 비해 전체 취업자와 임금근로자 모두 위험요인에 노출되는 사람은 감소하였다.

[표1] 유해·위험요인에 노출되는 사람의 비율(%)과 종합 점수(0-100)

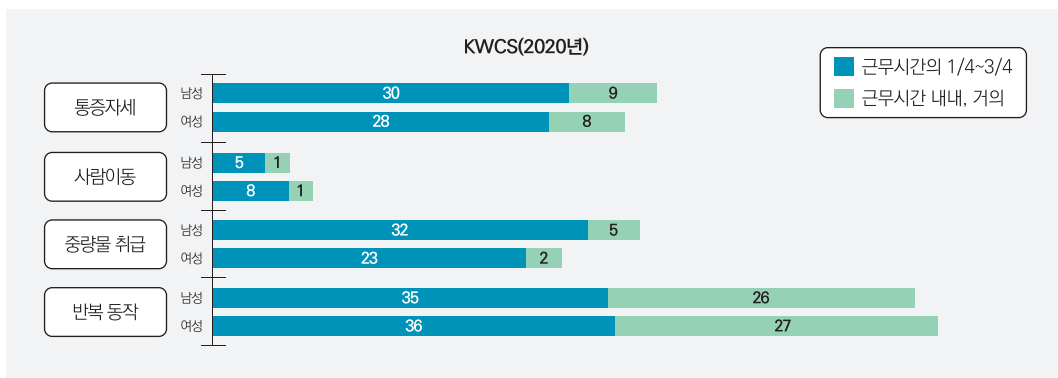
구분	2017년 전체		2020년 전체	
	임금근로자		임금근로자	
환경	1. 수공구, 기계 등에서 발생하는 진동		24	23
	2. 다른 사람에게 말할 때 목청을 높여야 할 정도의 심한 소음		21	20
위험	3. 일하지 않을 때조차 땀을 흘릴 정도로 높은 온도		24	21
	4. 실내/실외 관계없이 낮은 온도		19	18
생물	5. 연기, 흙(옹점 흙 또는 배기가스), 가루나 먼지(목 분진, 광물 분진 등) 등의 흡입		17	17
	6. 시너와 같은 유기 용제에서 발생한 증기 흡입		8	8
화학적	7. 화학 제품/물질을 취급하거나 피부와 접촉함		10	9
	8. 다른 사람이 파우는 담배 연기		13	13
위험	9. 폐기물, 체액, 실험 물질같이 감염을 일으키는 물질을 취급하거나 직접 접촉함		6	6
	10. 피로하거나 통증을 주는 자세		51	48
인간	11. 사람을 들어 올리거나 옮김		11	11
	12. 무거운 물건을 끌거나, 밀거나, 옮김		38	33
공학적	13. 반복적인 손동작이나 팔 동작		72	71
			62	60

1) 유럽 근로환경조사를 실시하는 Eurofound에서 개발한 일의 질을 나타내는 7가지 지표를 중심으로 하되, 타 조사에서 발표하는 “수입” 대신 노동환경에 따른 결과에 해당하는 “건강상태와 근로환경 만족도”를 추가하여 7개 항목으로 정리하였다.

(1) 노동환경의 유해 위험요인, (2) 사회적 환경, (3) 노동강도, (4) 기술과 재량권 (5) 노동시간의 질, (6) 일에 대한 전망, (7) 건강상태 및 근로환경 만족도 Eurofound(2012), Trends in job quality in Europe, Publications Office of the European Union, Luxembourg.



남성이 여성보다 위험요인에 많이 노출되지만, 반복동작 등 근골격계질환의 원인이 되는 인간공학적 위험요인에 대해서는 여성이 위험에 많이 노출되고 있으며 이는 여성이 남성보다 단순하고 반복 작업이 많은 직종에 종사하고 있는 것이 원인일 것이다.



[그림1] 성별 인간공학적 유해·위험요인에 대한 노출(%)

연령대 별로는 60대 이상이 가장 유해·위험요인에 노출이 많으며, 특히 인간공학적 위험요인에 취약한 것으로 나타났다. 60세 이상은 단순노무 종사자는 3,377명으로 60세 이상 전체 취업자 9,906명 중 34.1%가 단순노무 종사자일 뿐만 아니라 전체 단순노무 종사자 7,349명 중 46.0%가 60세 이상인 것이 원인일 것으로 보인다.

[표2] 연령별 유해·위험요인의 노출 비율(%)

구분	환경 위험				생물·화학적 위험					인간공학적 위험			
	진동	소음	고온	저온	분진	유기 용제	화학 물질	간접 흡연	감염 물질	통증 자세	사람 이동	중량물 취급	반복 동작
계	23	15	15	13	15	5	6	5	3	38	7	32	62
15-19세	15	12	8	9	20	4	0	3	0	31	4	32	66
20-29세	17	11	10	8	9	4	4	3	3	32	7	27	63
30-39세	20	15	10	9	12	4	6	5	3	32	6	25	57
40-49세	23	16	13	12	15	6	6	6	3	34	7	29	58
50-59세	28	19	17	14	18	7	7	6	3	41	8	37	64
60세 이상	23	14	24	22	17	5	7	6	3	50	7	40	67

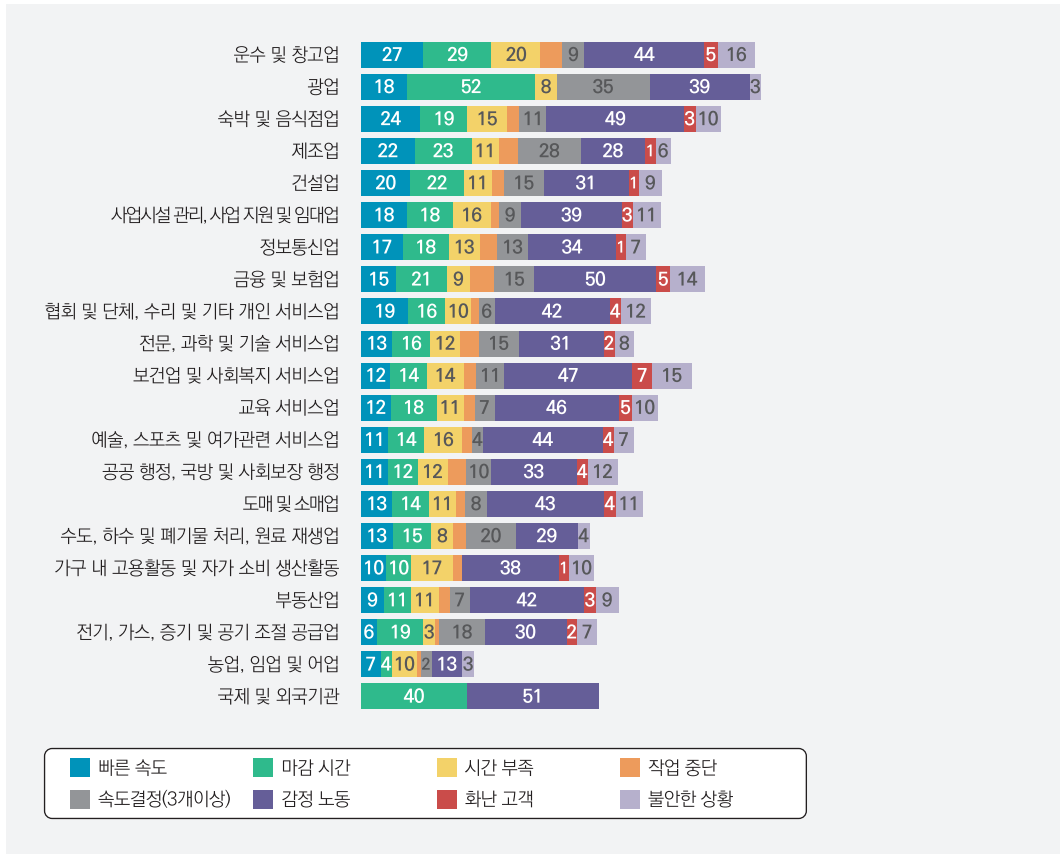
노동 강도

근무시간의 3/4 이상을 매우 빠른 속도로 일해야 하는 사람은 취업자, 임금근로자 각각 17%였으며, 취업자의 18%, 임금근로자의 19%가 근무시간의 3/4 이상을 엄격한 마감 시간에 맞추어 일한다고 응답하여, 제5차(2017년) 조사에 비해 노동의 양적 요구는 대체로 감소한 것으로 나타났다. 한편, “나는 항상(또는 대부분) 감정을 숨기고 일해야 한다”고 응답한 감정노동자는 취업자의 38%로 제5차(2017년) 조사(40%) 대비 5% 감소하여 `18년 산안법 개정을 통한 감정노동자 보호제도 시행으로 감정노동자의 노동강도도 다소 감소한 것으로 보인다.

[표3] 노동 강도(%)

구분		2017년 전체		2020년 전체	
		임금근로자		임금근로자	
양적 요구	매우 빠른 속도로 일함(근무시간의 3/4 이상)	25	26	17	17
	엄격한 마감 시간에 맞춰 일함(근무시간의 3/4 이상)	25	27	18	19
	일을 완료하기에 충분한 시간이 있다(별로/전혀 그렇지 않다)	14	15	13	13
감정 노동	찾은 작업 중단으로 업무에 방해가 된다	6	7	5	5
	나는 감정을 숨기고 일해야 한다(항상/대부분 그렇다)	40	41	38	38
	화가 난 고객이나 환자, 학생을 다룸(업무시간의 3/4 이상)	6	6	3	3
	정서적으로 불안해지는 상황에 놓임(업무시간의 1/4 이상)	17	17	10	10

업종별로는 운수 및 창고업이 육체적인 일의 양(빠른 속도(27%), 마감시간(29%), 시간 부족(20%))도 많고, 정신적인 요구(감정노동(44%), 화난고객 상대(5%), 불안한 상황(16%))도 높은 업종으로 나타났으며, 금융 및 보험업은 감정을 숨기고 일하는 경우(50%)가 가장 많은 업종이었다. 보건업 및 사회복지 서비스업은 화난 고객 상대(5%)가 가장 많은 업종이며, 감정을 숨기고 일하는 경우(47%)와 근무시간 중 불안한 상황에 놓이는 경우(15%)도 높게 나타났다.



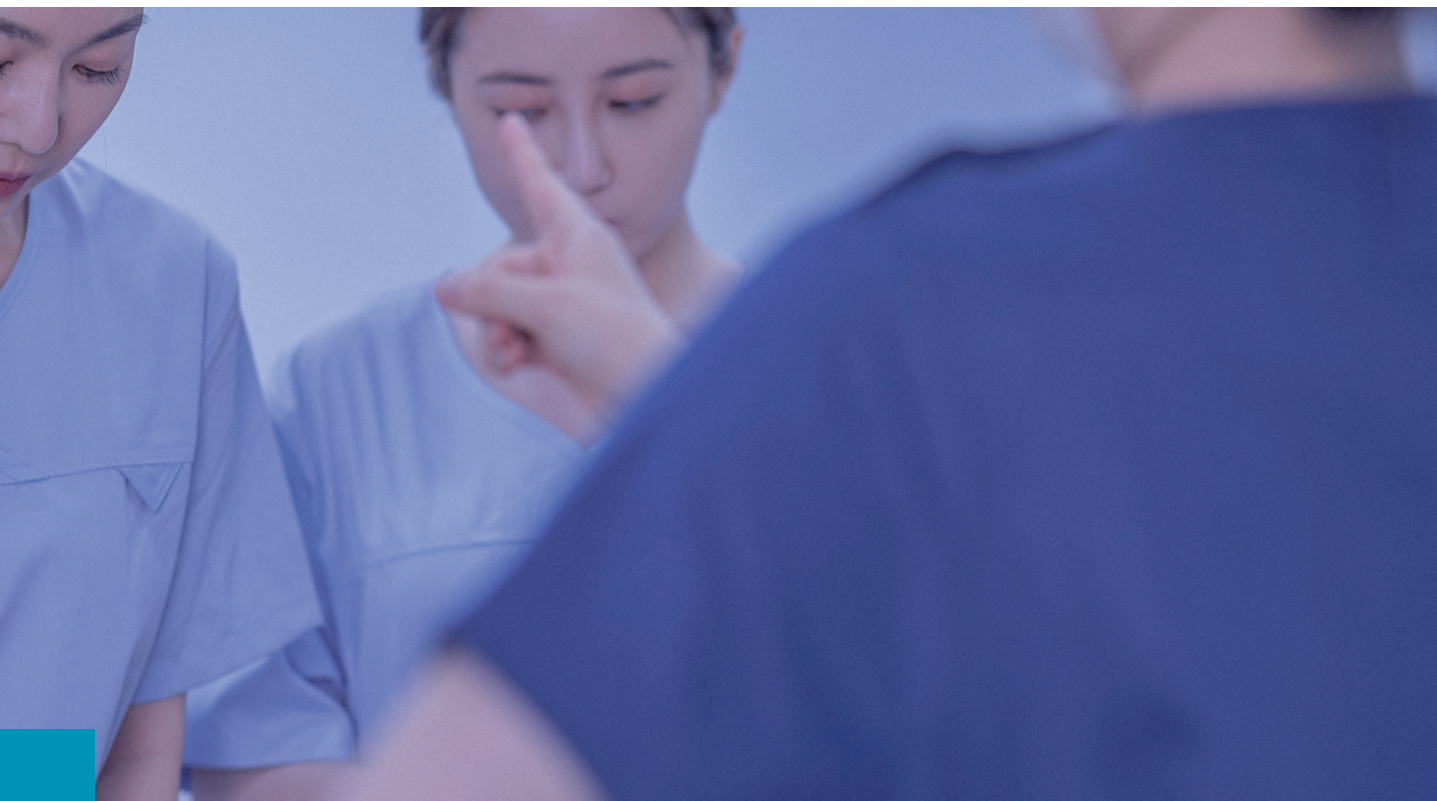
[그림2] 업종별 노동강도 측정 항목별 경험 비율(%)

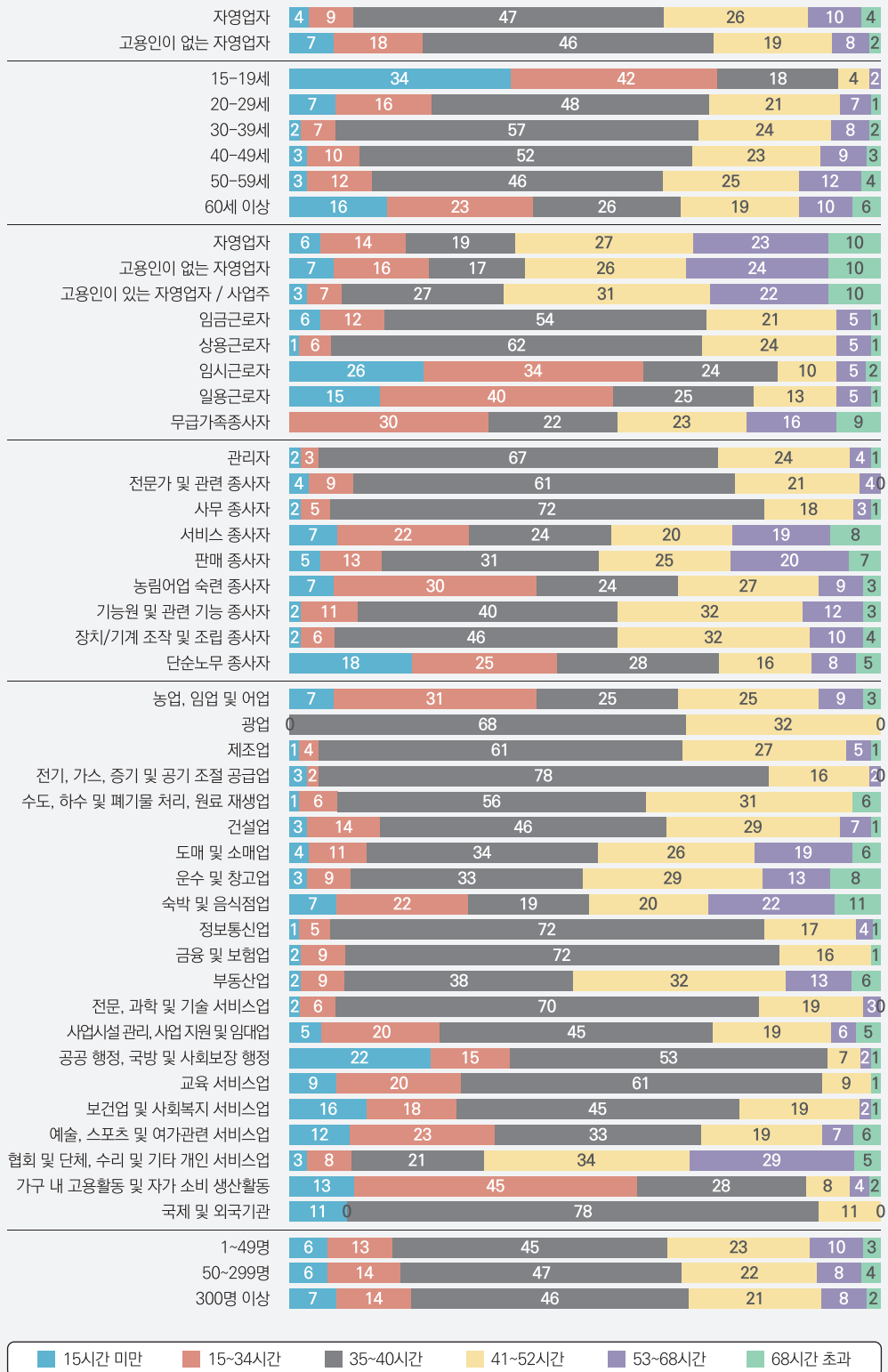
노동시간의 질

주당 52시간 이상을 일하는 취업자는 전체 취업자의 13%, 임금근로자의 6%로 제5차(2017년) 조사보다 많이 감소(취업자 38%, 임금근로자 54% 감소)하였다. ‘주52시간제’가 ’18년 7월부터 단계적으로 시행됨에 따라 장시간 근로관행이 일부 개선된 영향으로 보인다. 이와 함께 밤 근무(밤 10시에서 새벽 5시 사이에 최소 2시간 이상 일하는 경우)를 하는 경우와, 주말 근무(토요일, 일요일에 출퇴근 시간을 포함하여 4시간 이상 일하는 경우)를 하는 취업자 및 임금근로자 역시 감소하였다. 그러나, 근무시간 감소와 함께 근무시간에 개인적인 일이나 가족 관련 일을 처리하는 것이 비교적 쉽다고 응답한 경우 역시 감소하여 근무 유연성은 줄어든 것으로 나타났다.

[표4] 유해·위험요인에 노출되는 사람의 비율(%)과 종합 점수(0-100)

구분			2017년 전체		2020년 전체	
			임금근로자		임금근로자	
장시간	주당 노동시간	48시간 이상	39	30	28	20
		52시간 이상	21	13	13	6
노동	휴식시간이 11시간 미만인 경우		9	8	5	5
		하루에 10시간 이상 근무	25	21	12	11
비정형	근무	밤 근무(밤 10시에서 새벽 5시까지 최소 2시간 이상 일한 경우)	10	10	9	10
		일요일 근무(집에서 일한 경우 제외, 출퇴근 시간을 포함하여 4시간 이상 일한 경우)	21	15	20	16
유연성	근무	토요일 근무(집에서 일한 경우 제외, 출퇴근 시간을 포함하여 4시간 이상 일한 경우)	51	41	43	35
		교대 근무	10	12	9	11
유연성	근무 시간	지난 1년간 정규 시간 이외의 자유 시간에 업무를 얼마나 자주 했는지 여부 (한 달에 여러 번 이상)	14	14	12	10
		근무 시간에 개인적인 일이나 가족 관련 일의 처리 가능 여부	5	2	5	2
유연성	근무 시간	매우 쉬움	47	40	40	31
		매우 쉬움+비교적 쉬움				





[그림3] 집단별 노동 시간 분포(%)

사회적 환경

지난 한 달 동안 경험한 언어폭력을 경험한 경우는 취업자, 임금근로자 모두 5.4%로 5차(2017년) 조사보다 약 8% 증가한 반면, 성적관심, 위협, 모욕적 행위는 모두 감소하였다. 지난 1년 동안 신체적 폭력 경험은 취업자, 임금근로자 모두 0.3%였으며, 성희롱은 취업자의 0.4%, 임금근로자의 0.5%가 경험하였고, 반면, 왕따/괴롭힘과 학력 차별 등 차별은 모든 항목이 감소하였다.

한편, 취업자와 임금근로자의 60%가 동료로부터 도움이나 지지를, 58%가 상사로부터 도움이나 지지를 받는다고 응답하여, 제5차(2017년) 조사보다 사회적 지지가 낮아진 것으로 나타났다. 이는 코로나의 영향으로 비대면 및 거리두기 문화로 인해 소통이 적어진 점도 원인일 수 있지만, 우리 사회가 점차 개인화되고, 경쟁이 심화되는 경향을 보여주는 것일 수도 있다.

[표5] 반사회적 행동과 사회적 지지에 대한 경험(%)

구분		2017년 전체		2020년 전체		
		임금근로자		임금근로자		
반사회적 행동	지난 한 달 동안 경험	언어 폭력	4.8	5.0	5.4	5.4
		성적 관심	0.9	1.0	0.8	0.7
		위협	0.7	0.8	0.7	0.6
		모욕적 행위	3.3	3.5	2.2	2.1
	지난 1년 동안 경험	신체적 폭력	0.2	0.3	0.3	0.3
		성희롱	0.2	0.2	0.4	0.5
		왕따 / 괴롭힘	0.5	0.5	0.3	0.4
		연령 차별	4.2	5.1	3.3	4.1
		성 차별	2.0	2.3	1.2	1.4
		학력 차별	5.0	6.4	2.5	3.1
		출신 지역 차별	1.3	1.6	1.0	1.2
		고용형태에 따른 차별	5.5	7.2	3.2	4.1
	사회적 지지	동료들은 나를 도와주고 지지해준다	69	69	60	60
		상사는 나를 도와주고 지지해준다	64	64	58	58

여성이 남성에 비해 출신지역에 대한 차별을 제외하고 언어폭력, 성희롱 등 모든 항목에서 폭력과 차별을 많이 받고 있는 것으로 나타났다. 또한, 동료들이 도와주고 지지한다고 답한 남성은 취업자의 62%인 반면, 여성은 58%였고, 상사로부터의 지지 역시 남성은 60%인 반면 여성은 56%로 상대적으로 낮은 사회적 지지를 받고 있다.

[표6] 성별 반사회적 행동과 사회적 지지에 대한 경험(%)

구분	폭력(지난 한 달 동안)				폭력(지난 1년 동안)			차별(지난 1년 동안)					동료와 상사의 지지	
	언어 폭력	성적 관심	위협	모욕적 행위	신체적 폭력	성희롱	왕따/괴롭힘	연령	성	학력	출신 지역	고용 형태	동료	상사
계	5.4	0.8	0.7	2.2	0.3	0.4	0.3	3.3	1.2	2.5	1.0	3.2	60	58
남성	5.1	0.7	0.7	2.1	0.3	0.2	0.3	3.1	0.8	2.4	1.0	3.2	62	60
여성	5.8	0.9	0.7	2.4	0.3	0.8	0.3	3.6	1.7	2.6	0.9	3.3	58	56

기술과 재량권

복잡한 업무를 수행하거나, 일에서 새로운 것을 배우는 경우 등 지적인 활동은 모든 항목에서 제5차(2017년) 조사보다 감소하여 일이 단순화되고 있는 것으로 나타났다. 일의 순서, 작업 속도, 작업 방법 등을 결정할 수 있는 직무 자율성 역시 제5차(2017년) 조사보다 감소하였다. 또한, 산업안전보건에서 중요한 교육과 훈련의 경험은 감소하였으나, 취업자의 67%, 임금근로자의 76%가 건강과 안전관련 정보 제공을 잘 받는 편이라고 응답하여 제5차(2017년) 조사보다 증가한 부분은 긍정적 면이라 할 것이다.

[표기] 기술과 재량권(%)

구분	2017년 전체		2020년 전체	
	임금근로자		임금근로자	
예상치 못한 문제를 스스로 해결해야 한다	4.8	5.0	5.4	5.4
복잡한 업무를 수행한다	0.9	1.0	0.8	0.7
새로운 것을 배운다	0.7	0.8	0.7	0.6
일을 할 때 내 생각을 반영할 수 있다(항상/대부분/가끔 그렇다)	3.3	3.5	2.2	2.1
일의 순서	0.2	0.3	0.3	0.3
작업 속도 또는 작업률	0.2	0.2	0.4	0.5
작업 방법	0.5	0.5	0.3	0.4
같이 일할 사람(동료)을 선택할 때 나의 의견이 반영된다(항상/대부분 그렇다)	4.2	5.1	3.3	4.1
작업 목표가 결정되기 전에 나의 의견을 묻는다(항상/대부분 그렇다)	2.0	2.3	1.2	1.4
부서, 조직의 구성이나 업무 절차 개선에 참여한다(항상/대부분 그렇다)	5.0	6.4	2.5	3.1
내가 하는 일의 중요한 결정에 영향을 미칠 수 있다(그렇다/대부분 그렇다)	1.3	1.6	1.0	1.2
사업주가 제공, 비용을 대거나 스스로 비용을 지불한 교육(훈련) 경험	5.5	7.2	3.2	4.1
동료나 작업 관리자의 현장 교육/훈련(OJT)	69	69	60	60
건강과 안전 관련 위험요인에 관한 정보 제공(매우 잘 받는다/잘 받는 편이다)	64	64	58	58

성별로는 여성, 연령별로는 10대와 60세 이상이 기술과 재량권이 낮고, 교육 훈련과 안전보건 정보 제공도 적게 받고 있어 상대적으로 사고에 취약한 집단이었으며, 특히, 60세 이상은 앞에서 본 바와 같이 유해·위험요인에 대한 노출이 많으면서도 안전보건 정보제공은 받지 못하고 있어 사고 위험이 높은 계층인 것으로 나타났다.

[표8] 성별 기술과 재량권(%)

구분	지적 활동				결정 권한			
	스스로 문제해결	복잡한 업무 수행	새로운 것 배움	업무 시 내 생각 반영	일의 순서	작업속도 / 작업률	작업 방법	동료선택 시 의견 반영
계	56	32	29	83	44	36	39	38
남성	61	37	31	85	46	39	41	41
여성	51	26	26	82	42	33	36	32

구분	조직 참여			교육 / 훈련		안전 보건 정보 제공
	작업 목표 결정 전 나의 의견 물음	조직 구성 / 업무 절차 개선 참여	내 일의 중요한 결정에 영향 미침	교육(훈련) 경험	현장 훈련 / 교육(OJT)	
계	42	38	46	28	13	67
남성	46	42	49	32	14	69
여성	37	32	41	24	11	65

[표9] 연령별 기술과 재량권(%)

구분	지적 활동				결정 권한			
	스스로 문제해결	복잡한 업무 수행	새로운 것 배움	업무 시 내 생각 반영	일의 순서	작업속도 / 작업률	작업 방법	동료선택 시 의견 반영
계	56	32	29	83	44	36	39	38
15-19세	34	8	24	62	39	24	31	15
20-29세	49	32	34	78	37	29	33	29
30-39세	60	43	40	86	45	37	39	39
40-49세	62	41	35	87	45	37	40	45
50-59세	58	31	25	85	44	37	39	41
60세 이상	50	14	11	80	47	40	43	27

구분	조직 참여			교육 / 훈련		안전 보건 정보 제공
	작업 목표 결정 전 나의 의견 물음	조직 구성 / 업무 절차개선 참여	내 일의 중요한 결정에 영향 미침	교육(훈련) 경험	현장 훈련 / 교육 (OJT)	
계	42	38	46	28	13	67
15-19세	19	15	20	11	19	56
20-29세	34	30	36	22	16	72
30-39세	44	40	47	34	17	74
40-49세	50	45	51	35	14	70
50-59세	45	41	50	29	11	66
60세 이상	31	27	40	17	8	55

직업 전망

취업자의 35%, 임금근로자의 38%가 자신의 일자리에 대한 전망이 좋다고 응답하여 제5차(2017년) 조사 대비 각각 13%, 10% 감소하였다. 또한, 향후 6개월 안에 현재의 일자리를 잃을지도 모른다고 생각하는 사람은 취업자의 12%, 임금근로자의 13%로 제5차(2017년) 조사 대비 각각 20%, 18% 증가하였다. 직업 전망과 직업 안전성이 나빠진 것은 자영업자와 임금근로자 모두에서 나타났으며, 코로나로 인한 자영업자가 받은 경제적 영향과 임시, 일용근로자의 증가에 기인한 것으로 추정된다.

[표10] 직업 전망(%)

구분		2017년 전체		2020년 전체	
		임금근로자		임금근로자	
직업 전망	나의 일자리는 전망이 좋다	40	42	35	38
직업 안전성	나는 향후 6개월 안에 현재 일자리를 잃을 지도 모른다	10	11	12	13

일자리 전망은 고용원이 있는 자영업자가 제5차(2017년) 조사에서 48%가 좋다고 응답한 것에 비해 제6차 조사에서 13%p 감소한 35%로 나타나 가장 크게 느끼고 있는 것으로 나타났다. 한편 향후 6개월 내에 일자리를 잃을지도 모른다고 응답한 경우는 일용근로자가 제5차(2017년) 조사에서 10%였던 것에 비해 2배 이상 증가한 22%가 자신의 직업에 대해 불안함을 느끼고 있는 것으로

나타났다. 임금근로자보다는 코로나19의 영향을 많이 받은 자영업자가, 임금근로자 중에서는 임시·일용근로자가 일자리 전망을 부정적으로 보고, 주관적 건강상태도 다소 안 좋은 것으로 응답하였다. 이 부분 역시 코로나19로 인해 대내외 경제여건이 악화되면서 자신의 직업에 대한 불안감과 건강상태에 대한 우려가 반영된 것으로 보인다.

[표11] 종사상 지위별 직업 전망(%)

구분	직업 전망 : 일자리 전망 좋음		직업 안전성 : 향후 6개월 내에 일 자리를 잃을 지 모름	
	제5차 조사	제6차 조사	제5차 조사	제6차 조사
계	40	35	10	12
자영업자	34	27	8	10
고용원이 없는 자영업자	28	25	8	9
고용원이 있는 자영업자	48	35	8	10
임금근로자	42	38	11	13
상용근로자	47	43	10	10
임시근로자	25	25	16	21
일용근로자	22	16	10	22
무급가족종사자	19	21	5	11

건강상태와 근로환경 만족도

주관적으로 느끼는 건강상태를 묻는 질문에 전체 취업자의 69%, 임금근로자의 72%가 “좋은 편”이라고 응답하였다. 이는 제5차(2017년) 조사에서 전체 취업자의 73%, 임금근로자의 76%가 좋은 편이라 응답한 것에 비해 감소한 수치이다. 6개월 이상 지속되거나 지속될 것 같은 질병(건강문제)이 있는지를 묻는 질문에 “그렇다”고 응답한 사람(전체 취업자의 9%, 임금근로자의 8%) 역시 증가하였다. 근골격계 질환과 관련이 있는 요통, 상지 근육통, 하지 근육통 중 지난 1년간 한 가지 이상 증상이 있다고 응답한 사람은 전체 취업자의 42%, 임금근로자의 38%였으며, 제5차(2017년) 조사에서 취업자의 30%, 임금근로자의 26%였던 것과 비교할 때, 취업자는 40%, 임금근로자는 46%가 증가한 수치이다. 한편, 취업자와 임금근로자의 각각 19%가 지난 1년 동안 두통이나 눈의 피로를 느꼈다고 응답하였고, 취업자와 임금근로자의 5%가 불안감을 느끼고 있으며, 전신피로를 느낀다고 응답한 사람은 취업자의 26%, 임금근로자의 24%로 제5차(2017년) 조사와 비교할 때 모든 항목에서 증가한 것으로 나타났다. 또한, 잠들기 어렵거나, 자는 동안 자주 깨거나, 자고 일어나도 지치고 피곤한 증상 중 한 가지 이상의 수면 장애를 한 달에 여러 번 이상 경험한 응답자는 취업자의 17%, 임금근로자의 15%였다. WHO-5 웰빙 지수의 경우 전체 취업자가 57점, 임금근로자가 58점으로 제5차(2017년) 조사 대비 다소 점수가 낮아졌다. WHO-5 웰빙 지수는 세계보건기구(WHO)가 1998년에 고안한 지수로 주관적인 심리학적 복지를 평가하는 데 가장 많이 사용되는 설문지 중 하나로 일반적으로 100점으로 환산하여 50점 이하이면 우울증 위험이 높은 것으로 해석할 수 있다.

[표12] 주관적 건강 상태(%)

구분		2017년 전체		2020년 전체	
		임금근로자		임금근로자	
건강상태 및 건강문제	주관적 건강상태(매우 좋다, 좋은 편이다)	73	76	69	72
	6개월 이상 지속되거나 지속될 것 같은 질병(건강문제) 있음	5	4	9	8
	지난 1년간 건강 문제로 결근한 적이 있는 경우	13	12	4	4
	지난 1년간 몸이 아픈 데도 나와서 일한 적이 있는 경우	17	15	12	11
	근골격계 건강 문제(아래 3가지 증상 중 1개 이상 해당하는 사람의 비율)	30	26	42	38
	요통(허리 통증)(“있다”고 응답한 사람의 비율)	11	9	29	26
	상지(어깨, 목, 팔, 팔꿈치, 손목, 손 등) 근육통(“있다”고 응답한 사람의 비율)	24	21	33	29
	하지(엉덩이, 다리, 무릎, 발 등) 근육통(“있다”고 응답한 사람의 비율)	16	13	18	15
	두통, 눈의 피로(“있다”고 응답한 사람의 비율)	13	13	19	19
	불안감(“있다”고 응답한 사람의 비율)	3	3	5	5
수면 장애	전신티로(“있다”고 응답한 사람의 비율)	23	21	26	24
	수면 장애(아래 3가지 증상 중 1개 이상 해당하는 사람의 비율)	15	15	17	15
	* 아래 3가지 문항에 “매일”, “한주에 여러번”, “한달에 여러 번”이라고 응답한 사람의 비율				
	잠들기 어렵다	12	11	11	10
	자는 동안 자주 깬다	11	11	14	13
WHO-5 웰빙지수	자고 일어나도 지치고 피곤하다	-	-	19	18
	WHO-5 웰빙 지수(아래 5개 문항을 100점 만점으로 환산한 점수)	59	60	57	58
	* 아래 5가지 문항에 각각 “항상 그랬다”, “대부분 그랬다”라고 응답한 사람의 비율				
	나는 즐겁고 기분이 좋다	38	40	39	40
	나는 마음이 차분하고 편안하다	43	45	45	47
	나는 적극적이고 활기차다	40	42	40	42
	나는 아침에 일어나면 상쾌하고 폭 쉬었다는 느낌이 든다	37	39	29	30
	나의 일상생활은 흥미로운 일들로 가득하다	32	34	22	23

IV. 결론

제6차 근로환경조사 결과를 통해 일의 질을 결정하는 항목을 중심으로 내용을 정리해 보았다. 제5차(2017년) 조사와 비교할 때, 제6차 근로환경조사에서 노동환경이 개선된 항목은

❶ 유해·위험요인(13개*)에 대한 노출 ❷ 노동강도 ❸ 노동시간 ❹ 폭력·차별 등 4개 항목으로 나타났다. 노동시간의 1/4 이상 유해·위험요인(13개)에 노출되는 응답자 비중은 모든 요인에서 감소하였으며, 빠른 작업속도와 엄격한 마감시간 요구 등 노동 강도는 낮아지고 감정노동자의 감정노동도 다소 감소하였다. 노동시간 단축에 따라 주당 52시간 이상 노동 및 야간·주말에 근무하는 취업자 수는 감소하는 경향을 나타내었다. 연령·성·학력·출신지역·고용형태에 따른 차별, 모욕적 행위 등 차별과 폭력은 대체적으로 감소하였다. 그러나, 언어 폭력·신체적 폭력·성희롱을 경험한 취업자는 증가하였다.

반면, 제5차(2017년) 조사 대비 노동환경이 나빠진 항목은

❶ 동료와 상사의 지지 ❷ 업무재량권 ❸ 직업전망 으로 조사되었다. 동료와 상사의 도움·지지를 받는다고 응답한 비율이 감소하였고, 자율적 문제 해결과 복잡한 업무 수행 등 업무 수행 중 지적 활동은 다소 감소하였다. 또한, 작업 순서·속도·방법 등 결정 권한 역시 축소*되어, 직무자율성이 낮아지고 일이 단순해지고 있는 경향을 나타내었다. 자신의 직업에 대한 전망은 긍정적 평가가 다소 감소하고, 6개월 내 실직에 대한 우려는 소폭 증가하였다.

노동환경으로 인한 결과에 해당하는 건강상태를 보면, 주관적 건강상태를 '좋은 편'이라고 응답한 취업자 비중은 감소하였으며, 만성질환, 근골격계질환, 두통·눈의 피로, 불안감, 전신피로, 수면장애 등 건강상태 관련 문항에 대해 부정적인 응답이 대체로 증가하였다. 특히, 임금근로자보다는 코로나19의 영향을 많이 받은 자영업자가, 임금근로자 중에서는 임시·일용근로자가 일자리 전망을 부정적으로 보고, 주관적 건강상태도 다소 안 좋은 것으로 나타났다.

제6차 근로환경조사 결과를 통해 제5차 조사와 비교해 봄으로써 노동환경의 긍정적인 변화와 부정적인 변화를 확인해 볼 수 있었다. 물론, 제5차 조사의 현장조사는 2017년 7월부터 10월까지 실시한 반면, 제6차 조사의 현장조사 기간은 2020년 10월부터 2021년 4월까지로 조사 시점이 정확히 일치하지 않는 한계는 있다. 이번 결과 정리는 산술 통계만을 사용하여 대략적인 추세만을 확인하는 1차적인 분석이었다. 노동자의 건강과 안전에 직·간접적인 영향을 미치는 노동환경은 중요하다. 따라서 조사 결과를 기초로 노동환경의 변화와 원인, 노동자 건강에 미치는 요인들과 건강 보호를 위한 다양한 심층 분석이 필요하다. 근로환경조사에 대한 원시자료는 연구원 홈페이지를 통해 공개되고 있다. 많은 연구자들이 근로환경조사 자료를 활용하여 다양한 연구를 진행하기를 희망한다.



노동자의 건강과 웰빙에

미치는 노동환경의 영향

-제6차 근로환경조사 결과를 중심으로-



주요 내용 요약

제6차 근로환경조사 자료(취업자 50,538명) 중 임금근로자(38,518명)를 대상으로 OECD 가이드라인(OECD, 2017)에 따라 노동환경의 질을 결정하는 직무 특성 요인들(14개 항목)을 독립변수로, 근로환경 만족도, 정신건강, 신체건강을 각각 종속변수로 하고, 개인적 특성인 성, 연령, 교육수준, 직종과 임금의 log값을 통제변수로 하여 다중회귀분석을 실시하였음

신체적 위험요인, 신체적 부담작업, 위험·차별, 노동강도, 장시간 노동, 정규시간외 업무일정, 고용불안정성이 적으면 적을수록 근로환경 만족도는 높아지고, 사업장에서의 사회적지지, 업무 재량권과 자율성, 조직 참여와 발언권, 노동시간의 유연성, 교육과 훈련의 기회가 많으면 많을수록 근로환경 만족도는 높아짐

- 영향력이 큰 순서는 직업 발전의 기회(0.272), 신체적 위험요인(-0.109), 노동강도(-0.106), 사회적 지지(0.059), 사업장에서의 위험·차별(0.059), 장시간 노동(-0.080), 정규시간외 업무일정(-0.050) 순으로 나타남

정신건강의 경우 가장 많은 영향을 미치는 것은 직업발전의 기회(0.219)였으며, 다음으로 사회적지지(0.132), 노동강도(0.072)가 중요한 요인으로 나타남

신체건강은 직업발전의 기회보다는 신체적 부담작업(-0.207)이 가장 영향력이 큰 것으로 나타났으며, 직업발전의 기회(0.111), 노동강도(-0.109), 작업장에서의 위험·차별(-0.099) 순이었음

산업안전보건 분야에서 재해예방을 위해 가장 중점을 두는 유해·위험요인에 해당하는 신체적 위험요인은 노동자의 건강과 웰빙에 모두 부정적 요인인 것으로 나타났지만 노동강도, 위험·차별 등과 같은 요인이 더 큰 영향력이 있음을 보여준 점은 특이함

- 산업안전보건 분야에서 추구해 나가야할 점은 질병과 사고로 인한 결근을 막는 노동력 손실 차원의 건강 수준이 아니라, 노동자와 노동자의 가족이 모두 건강하고 행복한 삶을 추구해 나갈 수 있는 노동자의 건강과 웰빙이라 할 것이며, 일터에서의 단순히 사고와 질병 예방 차원의 접근보다 노동자의 건강과 웰빙을 향상 시킬 수 있는 노동환경의 질적 향상을 통해 양질의 일자리를 만들어 나가는 것이 궁극적으로 노동자의 사고와 질병을 예방할 수 있을 것임

I. 서론

노동환경의 질적 향상은 최근 그 중요성이 더욱 커지고 있다. 2015년 9월 UN총회에서 협정한 「지속가능한 발전을 위한 2030 아젠다」의 17개의 목표 중 하나가 모든 사람을 위한 지속적이고 포괄적인 경제 성장, 완전하고 생산적인 고용 및 양질의 일자리 창출(목표8)이며, 그 세부 내용을 보면 모든 일하는 사람에 대해 노동 권리를 보호하고, 안전하고 위험이 없는 노동환경의 제공(목표 8.8)을 말하고 있다. 이러한 상황에 맞추어 경제협력개발기구(OECD)는 일의 질에 대한 중요성을 인식하고 “일에 대한 전략(Job Strategy)¹⁾”을 개정하여, 기존의 “수입의 질”과 “노동시장의 안전성”에 “노동환경의 질”을 추가하여 세 가지 차원으로 변경하였다(Cazes, 2015). 이것은 노동시장 환경을 이제는 일의 양적 측면에서만 바라볼 것이 아니라 일의 질적 측면까지도 고려해야 하며, 일은 노동자와 가족들의 중요한 존재 가치에 대한 기반을 제공해야 한다는 것을 의미하는 것이다(OECD, 2022). 이러한 노동환경은 노동자의 건강과 웰빙에 직·간접적인 영향을 미칠 수 있다. 경제협력개발기구(OECD)에서 웰빙과 불평등에 관한 연구를 지속적으로 진행하면서 그 중 하나로 「노동환경의 질과 노동자들의 건강과 웰빙과의 관계에 관한 보고서²⁾」를 2022년 1월에 발표하였다. 이 보고서에서는 노동환경의 질을 측정하는 자료로 2010년과 2015년 사이에 실시된 한국, 유럽, 미국의 근로환경조사(the Korean Working Conditions Survey, the European Working Conditions Survey, the American Working Conditions Survey)를 사용하여 노동환경의 질을 결정하는 다양한 일의 특성과 노동자의 건강과 웰빙과의 관계를 분석하였다. 이 보고서에서는 한국의 제4차(2014년) 근로환경조사 자료를 이용하였는데, 제6차(2020~2021년) 근로환경조사 결과가 발표됨에 따라 본고에서는 OECD 보고서의 분석 프레임을 기초로 제6차 근로환경조사 자료를 이용하여 노동환경이 국내 노동자의 건강과 웰빙에 미치는 영향과 어떠한 직업 특성이 영향을 많이 미치는 지에 대해 살펴보고자 한다.

II. 분석방법

조사항목 개발

제6차 근로환경조사 자료(취업자 50,538명) 중 임금근로자(38,518명)를 대상으로 OECD 가이드라인(OECD, 2017)에 따라 노동환경의 질을 결정하는 직무 특성 요인들을 독립변수로, 근로환경 만족도, 정신건강, 신체건강을 각각 종속변수로 하고, 개인적 특성인 성, 연령, 교육수준, 직종과 임금의 log값을 통제변수로 하여 다중회귀분석을 실시하였다.

1) OECD (2018), *Good Jobs for All in a Changing World of Work: The OECD Jobs Strategy*, OECD

2) OECD (2022), *The relationship between quality of the working environment, workers'health and well-being: Evidence from 28 OECD countries*, OECD

OECD 가이드라인(OECD, 2017)은 노동환경을 일의 특성들의 조합으로 정의하며, 노동자에게 부과되는 과업에 따른 일의 본질적인 측면부터 일이 수행되는 주변에 있는 물리·사회적 환경을 모두 포함하여 노동환경의 질의 측정과 이해를 도와준다. 이 가이드라인은 Bakker와 Demourouti(2007)의 “직무요구-자원모델(Job demands-resource model: JD-R model)”에 기초하고 있는데, 이 모델은 노동환경의 질을 노동자들에게 부정적인 영향을 미치는 직무요구와 긍정적인 영향을 미치는 직무자원과의 차이로 설명한다. OECD 가이드라인에 따른 노동환경의 질을 측정하기 위한 일의 특성은 아래의 [표1]와 같다.

[표1] OECD 가이드라인에 따른 노동환경의 질을 결정하는 일의 특성

일의 차원	직무 요구	직무 자원
① 신체적·사회적 환경	①-1 신체적 위험 요인	
	①-2 신체적 부담 작업	①-4 사업장에서의 사회적 지지
	①-3 작업장에서의 위험·차별	
② 직무	②-1 노동강도	②-3 업무 재량권과 자율성
	②-2 장시간 노동	
③ 조직 특성		③-1 조직 참여와 발언권
④ 노동시간 방식	④-1 정규 근무시간 외 업무 일정	④-2 노동시간의 유연성
⑤ 직업 전망	⑤-1 고용불안정 인식	⑤-2 교육과 훈련 기회
		⑤-3 직업 발전의 기회
⑥ 일의 본질적 측면		⑥-1 자아실현의 기회

[표1]을 보면 노동환경의 질을 결정하는 일의 특성을 6개의 차원으로 구분하고, 이를 다시 직무 요구 7개 항목과 직무 자원 7개 항목으로 구분하여 14개의 항목으로 구성되어 있다. 본고에서는 14개 항목에 해당하는 근로환경조사 질문 문항을 선정하여 응답값을 0에서 1사이의 값으로 변환하여 독립변수로 사용하였다. 연속 변수인 경우는 변환없이 응답값을 사용하였으며, 하나의 항목에 여러 가지 질문 문항이 해당할 경우 평균값을 구하여 0에서 1사이의 값으로 변환하였다. 종속변수에 해당하는 근로환경 만족도, 정신건강, 신체건강 역시 해당 문항에 대해 0에서 1사이의 값으로 변환하여 분석하였다.(종속변수와 독립변수에 사용한 질문 문항은 부록 참조)

III. 결과

분석결과는 [표2]와 같다. 첫 번째 종속변수인 근로환경(일) 만족도는 삶의 웰빙 수준을 가장 잘 나타내주는 지표 중의 하나이다(Brown et, 2012). 분석 결과 근로환경 만족도는 직무요구와 자원의 14개 항목 중 11개 항목이 신뢰수준 99%에서, 1개 항목이 90%에서 통계적으로 유의하게 나왔다. 영향력에 따른 부호(+/-)는 모두 기대한 바와 같이 나왔으며 OECD(2014)에서 발견한 바와 전반적으로 일치하였다. 즉, 신체적 위험요인, 신체적 부담작업, 위험·차별, 노동강도, 장시간 노동, 정규시간외 업무일정, 고용불안정성이 적으면 적을수록 근로환경 만족도는 높아지고, 사업장에서의 사회적지지, 업무 재량권과 자율성, 조직 참여와 발언권, 노동시간의 유연성, 교육과 훈련의 기회가 많으면 많을수록 근로환경 만족도는 높아진다. 표준화 계수 값이 큰 순서는 직업 발전의 기회(0.272), 신체적 위험요인(-0.109), 노동강도(-0.106), 사회적 지지(0.059), 사업장에서의 위험·차별(0.059), 장시간 노동(-0.080), 정규시간외 업무일정(-0.050) 순이었다. 근로환경 만족도에 가장 큰 영향을 미치는 항목은 직업발전의 기회로 자신의 일자리 전망이 좋다고 생각할 때 직업만족도에 높음을 알 수 있다. 전반적으로 근로환경 만족도에 노동환경의 질이 미치는 잠재적 효과는 매우 큰 편이다. 수치적으로만 보면 직무요구에 해당하는 항목을 모두 제거한다면, 직무만족도를 0~100점으로 볼 때, 48.4점을 향상시킬 수 있으며, 직무자원에 해당하는 항목을 모두 합하면 39.4점을 향상시킬 수 있음을 추정할 수 있다. 한편, 업무재량권과 자율성, 교육과 훈련의 기회 두 개 항목은 통계적으로 유의하지 않았다.

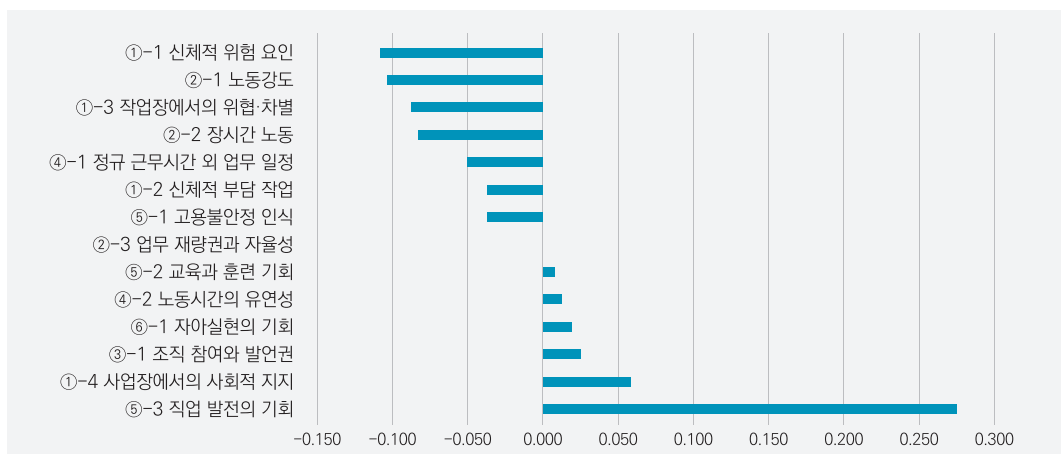
다음으로 직무요구와 직무자원의 14개 항목과 주관적으로 느끼는 정신건강 및 신체건강 항목과의 관련성을 살펴보면, 두 항목 모두 노동시간의 유연성은 통계적으로 유의하지 않았으며, 정신건강의 경우 신체적 위험요인과 신체적 부담작업이, 신체건강의 경우 조직참여와 발언권, 자아실현의 기회가 통계적으로 유의하지 않았다. 그 외의 11개 항목은 모두 통계적으로 유의하였다. 정신건강의 경우 가장 많은 영향을 미치는 것은 근로환경 만족도와 같이 직업전망에 해당하는 직업발전의 기회(0.219)였다. 그 다음으로는 사업장에서의 사회적지지(0.132), 노동강도(0.072)가 중요한 요인으로 나타났다. 반면 신체건강에서 있어서는 직업발전의 기회보다는 신체적 부담작업(-0.207)이 가장 영향력이 큰 것으로 나타났으며, 그 다음으로 영향력이 큰 것은 직업발전의 기회(0.111), 노동강도(-0.109), 작업장에서의 위험·차별(-0.099)이었다. 직업발전의 기회와 노동강도는 정신건강과 신체건강에 모두에게 중요한 요인이다. 통계적으로 유의한 항목 중 OECD(2022) 보고서와 영향력에 따른 부호(+/-)가 반대로 나온 것은 정신건강에서는 업무 재량권과 자율성, 교육과 훈련 기회였으며, 신체 건강에서는 사업장에서의 사회적 지지와 고용불안정 인식이 다르게 나타났다. 이 부분에 대해서는 업무재량권과 자율성에 따른 업무 부담에 대한 유럽과의 인식 차이 등 보다 심층적인 분석이 필요할 것으로 보인다.

[표2] 노동환경과 노동자의 웰빙과의 관계 회귀분석 결과

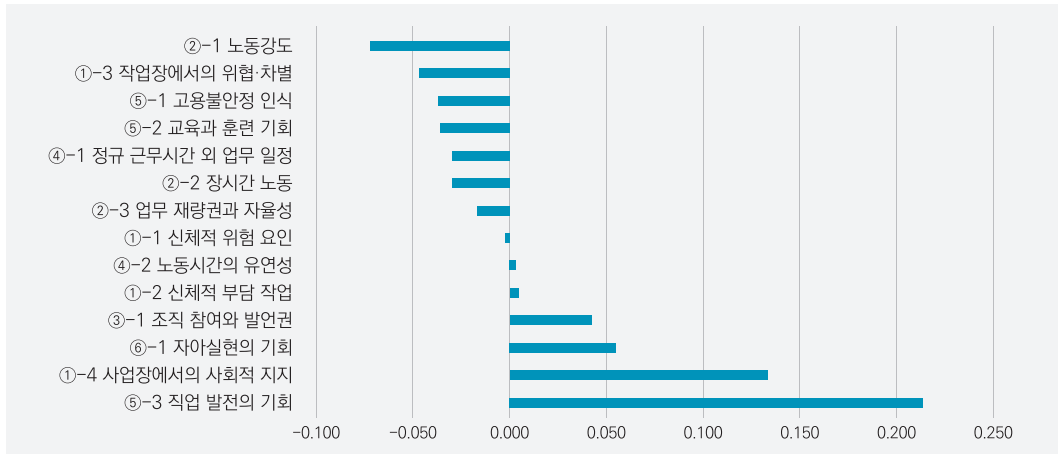
일의 차원	근로환경 만족도(β)	정신 건강(β)	신체 건강(β)
①-1 신체적 위험 요인	-0.109***	-0.003	-0.021***
①-2 신체적 부담 작업	-0.029***	0.005	-0.207***
①-3 작업장에서의 위험·차별	-0.082***	-0.048***	-0.099***
①-4 사업장에서의 사회적 지지	0.059***	0.132***	-0.020***
②-1 노동강도	-0.106***	-0.072***	-0.109***
②-2 장시간 노동	-0.080***	-0.031***	-0.020***
②-3 업무 재량권과 자율성	0.000	-0.018***	-0.073***
③-1 조직 참여와 발언권	0.024***	0.041***	-0.007
④-1 정규 근무시간 외 업무 일정	-0.050***	-0.031***	-0.091***
④-2 노동시간의 유연성	0.012*	0.003	-0.006
⑤-1 고용불안정 인식	-0.027***	-0.035***	0.013**
⑤-2 교육과 훈련 기회	0.009	-0.034***	-0.091***
⑤-3 직업 발전의 기회	0.272***	0.219***	0.111***
⑥-1 자아실현의 기회	0.018***	0.056***	-0.010
임금의 Log값	0.034***	0.005	-0.004
관측치 수	29,024	29,062	29,021
설명력(R ²)	0.222	0.152	0.176

*** $p < 0.01$ | ** $p < 0.05$ | * $p < 0.1$

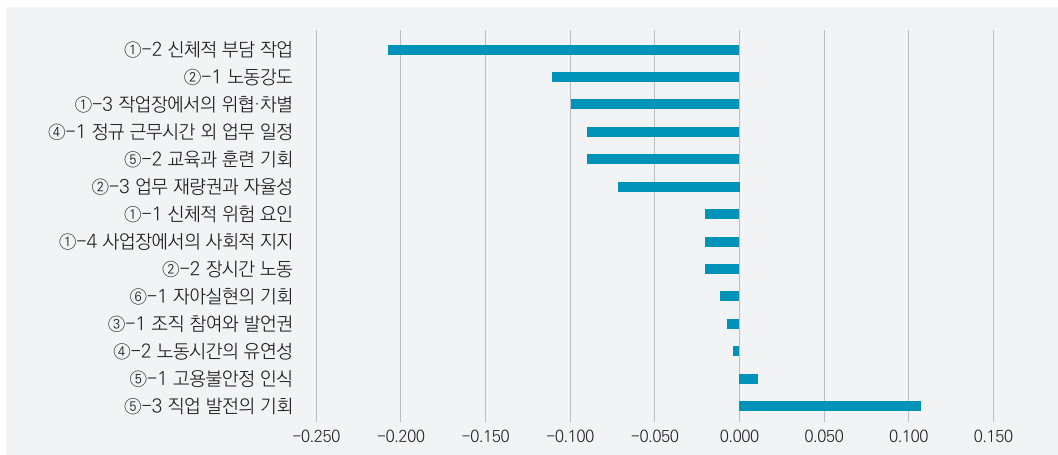
[그림1]부터 [그림3]은 [표2]의 분석결과를 각각 그래프로 나타낸 것이다. 근로환경 만족도, 정신 건강, 신체 건강 세가지 모두에서 직업전망인 직업발전의 기회는 모두 높은 영향력을 나타내고 있으며, 근로환경 만족도와 정신건강에서는 가장 큰 영향력을 가진다. 노동강도, 위험·차별, 정규 근무시간 외 업무 일정, 장시간 노동은 모든 항목에서 부정적인 영향을 주며 그 영향력의 순위도 비슷한 수준을 나타낸다. 근로환경 만족도와 정신건강의 경우 사회적지지, 조직 참여와 발언권, 자아실현의 기회는 모두 긍정적인 영향을 미치고 있으며 그 영향력의 순위도 비슷하였다.



[그림1] 근로환경 만족도와 직무요구-자원과의 관계



[그림2] 정신 건강과 직무요구-자원과의 관계



[그림3] 신체 건강과 직무요구-자원과의 관계

IV. 결론

제6차 근로환경조사 자료를 이용하여 노동환경이 노동자의 건강과 웰빙에 영향을 살펴보았다. 사업장과 사회적 환경이 노동자의 건강과 웰빙에 영향을 미친다는 것을 확인해 볼 수 있었으며, 임금보다도 노동환경이 더 중요한 요인임을 알 수 있었다. 노동환경의 만족도와 정신건강에서 영향력이 가장 큰 요인은 직업발전의 기회였으며, 신체건강과 관련해서는 신체적 부담작업이 가장 영향을 미쳤으나 직업발전의 기회 역시 그 다음으로 중요한 요인이었다. 산업안전보건 분야에서 재해예방을 위해 가장 중점을 두는 유해·위험요인에 해당하는 신체적 위험요인은 노동자의 건강과 웰빙에 모두 부정적 요인인 것으로 나타났지만 노동강도, 위험·차별 등과 같은 요인이 더 큰 영향력이 있음을 보여준 점은 주목할 필요가 있다. 산업안전보건 분야에서 추구해 나가야할 점은 질병과 사고로 인한 결근을 막는 노동력 손실 차원의 건강 수준이 아니라, 노동자와 노동자의 가족이 모두 건강하고 행복한 삶을 추구해 나갈 수 있는 노동자의 건강과 웰빙이라 할 것이다. 일터에서의 단순히 사고와 질병 예방 차원의 접근보다 노동자의 건강과 웰빙을 향상 시킬 수 있는 노동환경의 질적 향상을 통해 양질의 일자리를 만들어 나가는 것이 궁극적으로 노동자의 사고와 질병을 예방할 수 있을 것이다. 따라서 노동환경의 개선을 통한 양질의 일자리를 만드는 것이 중요하다 할 것이다.

참고문헌

- Brown, A., Charlwood, A., Spencer, D.A.. (2012), "Not all that it might seem: Why job satisfaction is worth studying despite it being a poor summary measure of job quality", Work, Employment & Society, Vol. 26/6, pp. 1007-1018
- Cazes, S. (2015), Measuring and assessing job quality: The OECD Job Quality Framework, OECD Social, Employment and Migration Working Papers
- OECD (2022), The relationship between quality of the working environment, workers'health and well-being: Evidence from 28 OECD countries, OECD
- OECD (2014), How good is your job? Measuring and assessing job quality, OECD Employment Outlook 2014, OECD Publishing, Paris

〈부록〉 독립변수(직무 요구와 직무 자원)와 종속변수에 사용된 근로환경조사 문항

독립변수

일의 차원	직무 요구	직무 자원
① 신체적· 사회적 환경	①-1 신체적 위험 요인 (28번) 노동시간 중 노출 정도 1) 진동, 2) 소음, 3) 고온, 4) 저온, 5) 연기, 흙, 분진 등 흡입, 6) 유기용제 흡입, 7) 화학제품/물질 취급 접촉, 8) 간접흡연, 9) 감염물질 취급 접촉	
	①-2 신체적 부담 작업 (29번) 노동시간 중 노출 정도 1) 피로하거나 통증을 주는 자세 2) 사람을 들어 올리거나 옮김 3) 무거운 물건을 끌거나, 밀거나, 옮김	①-4 사업장에서의 사회적 지지 (54번) 동의 정도 1) 동료들은 나를 도와주고 지지해준다 2) 상사는 나를 도와주고 지지해준다
	①-3 위험 차별 (64번, 73번) 지난 1년간 위험 차별 경험 1) 신체적 폭력, 2) 성희롱, 3) 왕따/괴롭힘, 4) 연령 차별, 5) 성차별, 6) 학벌에 따른 차별, 7) 출신 지역에 따른 차별, 8) 고용 형태(비정규직 등)에 따른 차별	
② 직무	②-1 노동강도 (45번) 근무시간 다음 상황의 발생 빈도 A) 매우 빠른 속도로 일함 B) 엄격한 마감 시간에 맞춰 일함 (54번) 동의 정도 일을 완료하기에 충분한 시간이 있다	②-3 업무 재량권과 자율성 (49번) 선택하거나 변경 가능성 1) 일의 순서 2) 작업 방법 3) 작업 속도
	②-2 장시간 노동 (16번) 주당 근로시간	
③ 조직 특성		③-1 조직 참여와 발언권 (54번) 동의 정도 1) 작업 목표가 결정되기 전에 나의 의견을 묻는다 2) 부서, 조직의 구성이나 업무 절차 개선에 참여한다 3) 내가 하는 일의 중요한 결정에 영향을 미칠 수 있다
④ 노동시간 방식	④-1 정규근무시간 외 업무일정 (34번) 1달동안 근무 일수 1) 밤 근무 2) 하루 10시간 초과 근무	④-2 노동시간의 유연성 (54번) 동의 정도 1) 내가 원할 때 휴식을 취할 수 있다 (38번) 근무시간의 결정 방법
⑤ 직업 전망	⑤-1 고용 불안정 인식 (54번) 동의 정도 1) 나는 향후 6개월 안에 현재 일자리를 잃을 지도 모른다 2) 현재의 일을 그만두거나 실직하더라도 나는 비슷한 임금을 주는 일자리를 쉽게 찾을 수 있을 것이다	⑤-2 교육과 훈련 기회 (60번) 지난 1년간 교육(훈련) 경험 1) 고용주가 제공하거나 비용을 대는 교육(훈련) 2) 스스로 비용을 지불하는 교육(훈련) 3) (동료나 작업 관리자의) 현장 훈련/교육(OJT)
		⑤-3 직업 발전의 기회 (78번) 동의 정도 1) 내 일자리는 전망이 좋다
⑥ 일의 본질적 측면		⑥-1 자아실현의 기회 (54번) 동의 정도 1) 일을 할 때 내 생각을 반영할 수 있다

종속변수

항목	근로환경조사 문항
근로환경 만족도	(77번) 귀하의 근로 환경에 전반적으로 만족하십니까?
정신건강	(76번) 다음 문항에서 지난 2주 동안 아래와 같은 느낌을 얼마나 자주 경험했는지 골라 주십시오. A) 나는 즐겁고 기분이 좋다 B) 나는 마음이 차분하고 편안하다 C) 나는 적극적이고 활기차다 D) 나는 아침에 일어나면 상쾌하고 목 쉬었다는 느낌이 든다 E) 나의 일상생활은 흥미로운 일들로 가득하다
신체건강	(70번) 지난 1년 동안(일한지 1년이 안 된 경우는 주된 일을 시작한 이후) 귀하는 다음과 같은 건강상 문제가 있었습니까? A) 요통(허리통증) B) 어깨, 목, 팔, 팔꿈치, 손목, 손 등 상지 근육통 C) 엉덩이, 다리, 무릎, 발 등 하지 근육통 D) 두통, 눈의 피로 E) 불안감 F) 전신피로

OSHRI : Practice

01. IoT를 활용한 달비계 작업 안전 기술 개선 연구

02. 안전성과 현장 적용성을 개선한 이동식 비계 개발

OSHRI:Practice는 산업안전보건연구원이 연구사업을 통해 실제 정책반영,
지침개발, 제품생산 등 실용화된 사례를 소개합니다.

01

IoT를 활용한 달비계 작업 안전 기술 개선 연구

신규 개발 추락방지대 | 소재 변경 및 부품 간의 기능 통합, 제품 구조의 최적화 설계를 통해 기존의 제품 대비 50% 이상 경량화를 이뤘다. 또한 추락방지대에 부착된 QR코드(Quick Response code)를 작업자가 스마트폰(App)으로 촬영, One Pass로 연동(작업자의 기본정보 인식 및 관리시스템에 등록)시키면 추락방지대 착용 여부 및 체결 잘못(역방향) 등의 상태 확인이 가능하도록 IoT(사물인터넷) 기술을 접목하였다. 더불어 현장 작업자별 추락방지대 체결 상태를 실시간으로 모니터링 할 수 있는 안전관리 통합시스템도 개발하였다. 추락방지대에 접목된 IoT 모듈은 배터리 및 제품 교체가 용이하며, 범용성을 가진 것이 특징이다.



연구책임자
유성수 팀장 | (주)엔키아

연구상대역
강성윤 과장 | 산업안전보건연구원 산업안전연구실
052-703-0852 | sungyun81@kosha.or.kr



유성수 팀장



강성윤 과장

I. 배경

달비계(Boatswain's Chair)는 건물외벽 도장, 유지·보수 등의 작업을 위한 목적으로 주로 사용되며 이동설치가 가능한 비계시스템이다. 현장에서는 로프에 작업의자를 부착하는 작업의자형 달비계(일명 '젠다이')가 사용되고 있는데, 사고사망자의 대부분이 당해 달비계에서 발생한 것으로 파악되었다.

최근 10년간(2011년~2020년) 달비계에서 떨어진 사고사망자는 155명으로 주요 발생원인은 작업로프 풀림(36%), 불안정한 행동(25%), 작업로프 끊어짐(22%), 고정점 결손(12%) 순으로 분석되었다. 이는 수직구명줄 미설치가 떨어진 사고사망으로 직결될 수 있음을 알 수 있는 대목이다.

실제로, 사고사망자 155명 중, 151명(97.4%)이 수직구명줄을 미설치한 상태였다. 실태조사에서는 달비계 작업자가 수직구명줄을 사용하지 않는 이유가 추락방지대 사용의 불편함 때문인 것으로 파악되었다. 이에, 추락방지대 착용의 불편함 해소 및 착용율을 높임으로써 달비계 사용 작업자의 안전성을 확보하기 위한 설비 또는 장치의 개선 연구가 필요하였다.

II. 실용화 내용

달비계 사고사망 분석 및 설문조사

달비계 관련 사고사망을 분석한 결과 수직구명줄 미설치로 인한 사망자 비율(97.4%)이 매우 높은 것으로 나타났다. 현장 실태조사에서 추락방지대의 중요성은 달비계 작업자의 대부분이 인지하고 있었으나 사용상의 불편함과 작업 효율성이 떨어진다는 이유로, 또는 단순히 귀찮아서 추락방지대를 착용하지 않는 것으로 파악되었다.

추락방지대에 대한 인식이 부족한 작업자와 추락방지대 미착용 작업자의 비율이 비슷한 것으로 보아, 추락방지대에 대한 인식 개선과 함께 착용 여부를 확인 하는 것이 필요하다고 판단하였다. 소규모 공사현장의 경우 관리감독자가 달비계 작업자의 추락방지대 체결 유·무의 확인 가능하나 규모가 큰 현장에서는 관리감독자가 일일이 확인하지 않거나 못하는 것이 현실이다. 이에, IoT 기술을 접목하여 관리감독자가 한 눈에 추락방지대의 체결 유·무를 실시간으로 모니터링 할 수 있는 시스템을 구축하고자 하였다.

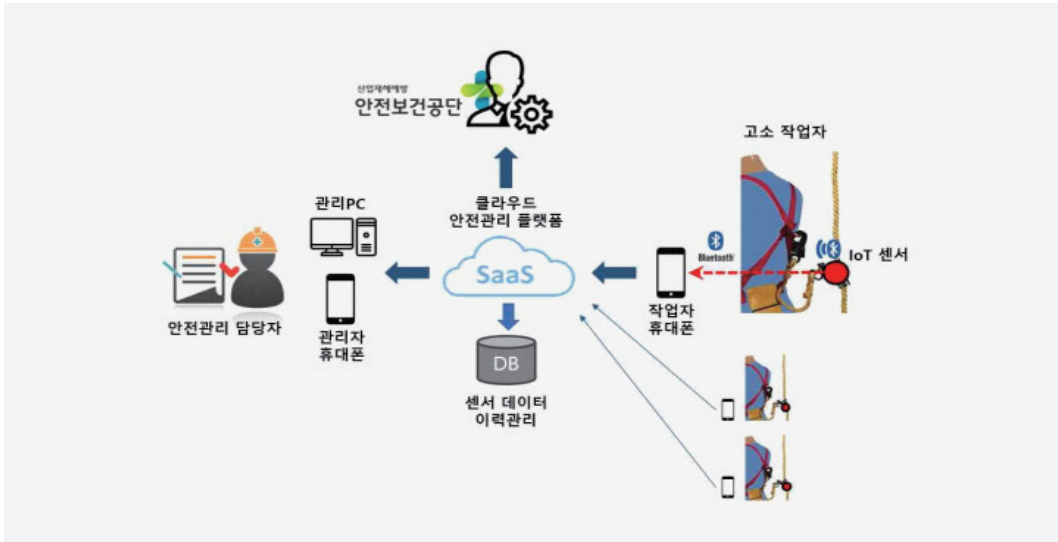
또한, 추락방지대의 체결 방향은 제동력과 직접적으로 연관이 되어 있기 때문에 올바른 체결 방향의 확인이 매우 중요하다. 추락방지대에 방향성을 나타내는 표시가 있기는 하지만, 페인트나 각종 이물로 인하여 육안으로 확인할 수 없는 경우가 많다. 작업자의 역방향 체결을 방지하기 위해 IoT 센서를 적용하여 관리감독자가 사무실에서 추락방지대를 올바르게 체결하였는지 확인이 가능하다.

IoT(사물인터넷) 기반 추락방지대 제품 개발 및 검증

현장조사 및 설문조사를 통해 수렴한 의견을 바탕으로 추락방지대의 경량화 및 체결 유·무 확인을 위한 IoT 기술을 접목한 추락방지대를 개발하였고, 주요 특징은 다음과 같다.

명칭

IoT를 활용한 추락방지대 체결 상태 실시간 모니터링 시스템



[그림1] 실시간 모니터링 시스템 개념도

구성

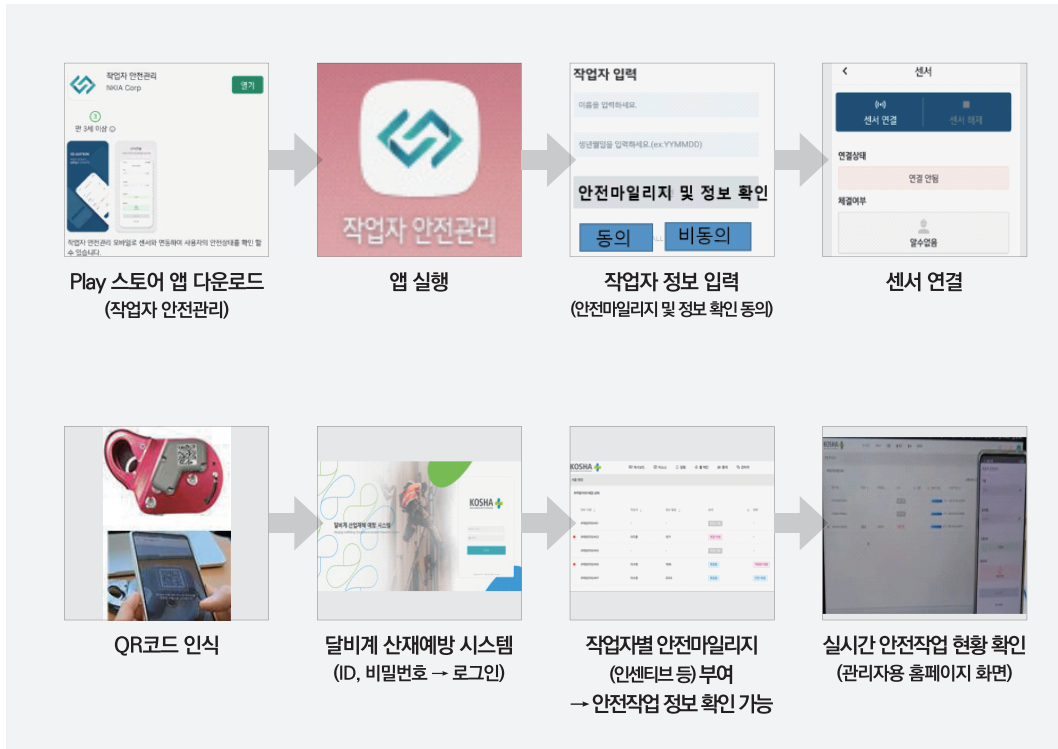
전원	원	동전형 배터리 교체 방식으로 3~6개월 사용 가능
방수	수	케이스 외곽에 홈을 파고 방수 실리콘을 삽입하여 방수 처리
덮개	개	부식방지와 강도 확보를 위해 스테인리스 적용
렌즈	즈	근접센서 보호를 위한 투명 플라스틱 렌즈 삽입
센싱 방식	식	수직구멍줄 체결 여부를 근접센서로 확인
연결 방식	식	QR코드 활용, 간편하게 작업자 휴대폰과 연결
데이터 전송 방식		작업자 휴대폰과 BLE 통신
설치방향 확인		틸트 센서를 이용하여 추락방지대의 역방향 설치 인지 및 경고음 발생



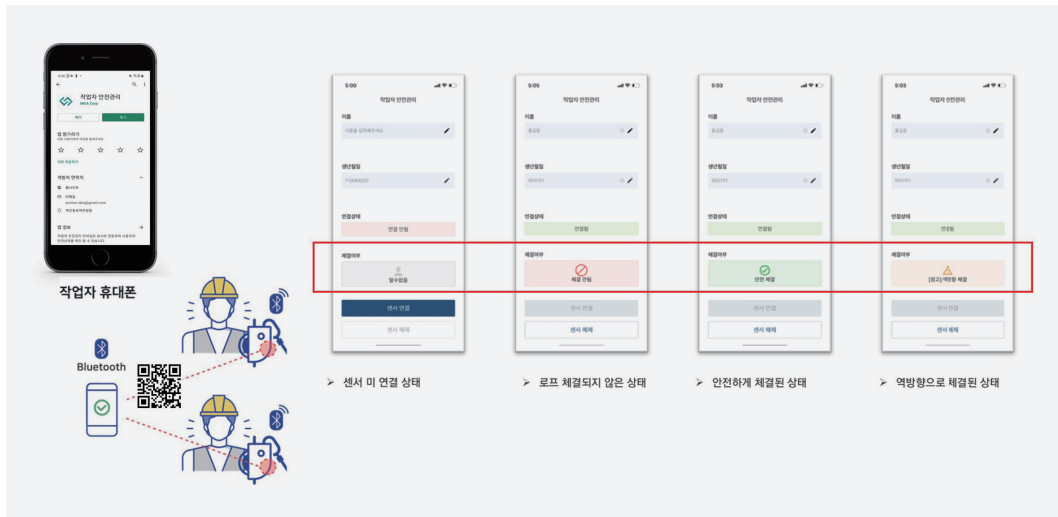
[그림2] 추락방지대 센서 부착 모습

주요 특징

- ① 추락방지대의 재질 등 개선을 통해 경량화
* 알루미늄 소재로 기존 제품 대비 중량 약 50% 감소(820g → 405g)
- ② 추락방지대 내부에 수직구명줄 인식을 위한 점점 센서와 역방향 체결 방지용 자이로센서 적용
- ③ QR코드를 이용하여 작업자의 휴대폰과 블루투스 연결(Pairing), 최대 6개월간 운용 가능한 배터리 적용
- ④ 작업자와 관리자 전용 앱을 개발하였으며, 직관적이고 단순한 UI(User Interface) 구성
- ⑤ 인터넷 홈페이지와 앱을 통해 추락방지대의 연결 현황 및 이력관리 가능
- ⑥ 작업자의 자발적인 안전작업 참여 유도를 위해 안전마일리지(인센티브 등) 부여 알고리즘 적용



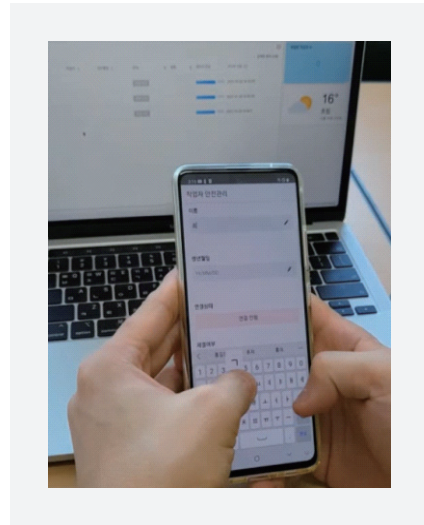
[그림3] 안전마일리지(인센티브 등) 부여 알고리즘



[그림4] 작업자 스마트폰 앱



[그림5] 관리자 통합 모니터링 시스템



[그림6] 전용 앱과 홈페이지 실시간 연결 모습

참고문헌

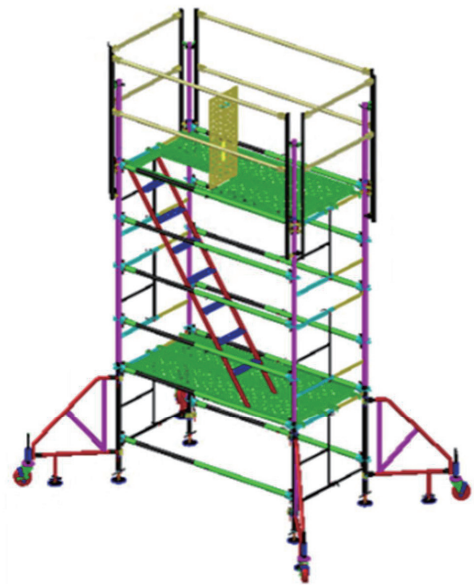
- 유성수, 정민기, 김선용, 달비계 작업안전 기술 개선 연구. 산업안전보건연구원. 2021.
- 정성춘, 달비계 작업의 안전성 향상 방안 연구. 산업안전보건연구원. 2018.

본 연구과제는 (주)엔키아(연구책임자 유성수 팀장)에서
수행한 연구과제를 요약·정리하였습니다.

02

안전성과 현장 적용성을 개선한 이동식 비계 개발

최근 10년간(2011~2020년) 건설업의 중대재해 분석 결과 이동식 비계에서 117명의 사망자가 발생한 것으로 나타났다. 이러한 재해를 예방하기 위해서는 안전시설(안전난간 등)을 적기에 설치해야 하지만 사용상의 불편함, 작업위치의 기존 설비와 간섭 등의 이유로 안전시설을 설치하지 않거나, 지연 설치로 재해가 지속적으로 발생하고 있다. 이에 따라 건설현장에서 사용하는 이동식 비계의 안전성 확보와 현장 적용성 개선을 위해 이동식 비계 관련 중대재해의 심층 분석과 건설현장 실태조사 결과를 토대로 전문가 의견을 반영하여 이동식 비계의 개선 모델을 제시하였다. 개선 모델에 대한 구조해석과 실물실험을 실시한 결과 모든 부재는 현행 방호장치 안전인증 고시의 성능기준을 만족하는 것으로 평가되었다. 개선된 기술은 ① 가변형 다단 주틀 ② 바퀴와 잭베이스 부착형 아웃트리거 ③ 이동식 비계용 선행안전난간대 ④ 분리형 가설계단 이며, 이 기술을 적용한 이동식 비계는 2021.12.10. 특허 출원되었다. 향후 이 기술을 적용한 이동식 비계가 건설현장에 보급될 경우 이동식 비계 관련 작업 시 떨어짐 및 뒤집힘 재해예방에 크게 기여할 것으로 기대된다.



연구책임자

박주동 연구위원 | 산업안전보건연구원 산업안전연구실
052-703-0844 | likeaceo99@kosha.or.kr

공동 연구자

강성윤 과장 | 산업안전보건연구원 산업안전연구실
052-703-0852 | sungyun81@kosha.or.kr

공동 연구자

이동규 교수 | 세종대학교 건축공학과



박주동 연구위원



강성윤 과장



이동규 교수

I. 배경

국내 사고사망자의 50% 이상을 차지하는 건설업의 산업재해 예방을 위해 정부에서는 다양한 제도개선과 지도·점검 및 기술적 대안에 관한 연구를 추진하였으나, 건설업의 사망재해는 증감을 반복하고 있다. 최근 5년간(2016~2020년, 현황통계 기준) 건설현장에서 떨어짐사고로 사망한 노동자는 1,348명이며, 전체 건설현장 사고사망자의 56.7%(2,376명)를 차지하였다. 건설현장의 낮은 높이용 작업발판으로 이동식 비계와 말비계를 사용하고 있으며, 단순 작업 용도로 이동식 사다리(A형 등)도 많이 사용하고 있는 실정이다. 최근 5년 간 건설현장의 이동식 비계(일명 이동식 BT틀비계)에서 연평균 10명의 사고성 사망자가 발생하였다. 이는 이동식 비계 등 낮은 높이용 작업발판에서 작업 시 안전기준을 준수하지 않거나, 실제로 준수하기가 어려운 것으로 알려지고 있다.

이동식 비계의 재해예방을 위해서는 안전기준에 맞게 안전난간 등의 안전시설을 적기에 설치·사용하는 것이 안전하나, 안전난간 미설치 사례가 빈번하며, 설치·운반의 불편 등으로 이동식 비계 대신 이동식 사다리나 말비계를 사용한 작업 중 떨어짐 재해가 지속적으로 발생하고 있다. 따라서 건설현장의 이동식 비계 관련 재해예방을 위해 중대재해 심층분석과 실태조사 결과를 토대로 안전성과 현장 적용성을 개선한 이동식 비계를 개발하고자 하였다.

II. 실용화 내용

이동식 비계 일반 사항

이동식 비계는 “타워형태로 조립한 틀조립 구조의 최상층에 작업발판과 표준 안전난간을 설치하고, 각주 밑 부분에 바퀴를 부착한 구조의 비계” 또는 “이동식 비계용 주틀의 하단에 발바퀴를 부착하여 이동할 수 있도록 조립한 비계”를 말한다(최상복, 2004; 고용노동부·안전보건공단, 2019; KOSHA GUIDE, 2018).

이러한 이동식 비계는 사용 높이에 따라 주틀을 조립하여 사용할 수 있고, 각주 하부에 바퀴를 설치하는 경우 적은 인원으로 쉽게 이동이 가능하며, 주로 철근 배근, 거푸집 설치 등 구조물 공사와 실내 천장, 벽 등의 마무리 작업에 사용된다. 이동식 비계는 가설구조물 중 하나로 주틀,

발바퀴, 난간틀, 아웃트리거(전도방지장치) 등으로 구성되며, 현장에서 개별 부재를 조립하여 설치·사용한다. 실제 건설현장에 설치된 이동식 비계는 [그림1]과 같다.



[그림1] 이동식 비계 설치(예)

출처 | 고용노동부·안전보건공단, 2019

이동식 비계의 중대재해 및 실태조사 분석

(1) 중대재해 분석 개요

최근 10년간(2011년~2020년, 재해조사일 기준)의 건설업 중대재해 조사대상 사고사망자는 총 4,524명으로 [표1]과 같다. 이동식 비계 관련 사고사망자는 2.6%(117명)를 점유한 것으로 나타났다.

[표1] 최근 10년간(2011~2020년) 건설업 사고사망자 현황(중대재해 조사기준)

(단위 : 명, %)

구분	건설업 전체	이동식 비계(점유율)
합계	4,524	117(2.6)
2011	495	16(3.2)
2012	503	12(2.4)
2013	492	11(2.2)
2014	381	10(2.6)
2015	445	10(2.2)
2016	504	7(1.4)
2017	465	11(2.4)
2018	421	14(3.3)
2019	417	17(4.1)
2020	401	9(2.2)

(2) 이동식 비계 사고사망자 분석 결과

이동식 비계에서 발생한 사고사망자 중 발생형태에 대한 분석 결과 [표2]와 같이 떨어짐 88.0%(103명), 뒤집힘 10.3%(12명), 무너짐 1.7%(2명) 순으로 발생한 것으로 분석되었다.

[표2] 발생형태별 현황

(단위 : 명, %)

구분	사고사망자	점유율
합계	117	100
떨어짐	103	88.0
뒤집힘	12	10.3
무너짐	2	1.7

이동식 비계에서 발생한 떨어짐 재해의 주요 원인별(기인물) 상세 분석 결과, [표3]과 같이 안전난간(73.8%, 76명), 승강설비 중 사다리(23.3%, 24명), 작업발판(2.9%, 3명) 순으로 나타났다. 현행 이동식 비계는 규격화 된 주틀을 사용하고 있으며, 주틀의 수평재를 사다리로 이용하거나, 별도의 사다리를 승강설비로 사용하고 있다. 또한, 작업발판 상부에 설비나, 구조물의 간섭으로 안전난간을 설치할 수 없는 경우에 떨어짐 위험이 있는 것으로 분석되었다.

[표3] 떨어짐 재해 원인별 현황

(단위 : 명, %)

구분		사고사망자	점유율
합계		103	100
안전난간 (73.8%)	미설치	62	60.2
	미흡	14	13.6
승강설비 (23.3%)	계단	0	0.0
	사다리	24	23.3
작업발판 (2.9%)	미설치	1	1.0
	미흡	2	1.9

이동식 비계의 뒤집힘, 무너짐에 의한 사망자는 총 14명으로 원인별 상세분석 결과 [표4]와 같다. 이동식 비계 뒤집힘의 공통원인은 아웃트리거 미설치 또는 미흡이며, 상세 원인으로는 불시 이동 21.4%(3명), 발판 위 사다리 사용 14.3%(2명), 해체 중 불균형 모멘트, 경사지 이동, 수평이동, 지반 단차, 외부요인(충격), 난간에 기대어 작업, 중량물 운반의 원인으로 각각 1명이 발생하였다. 이동식 비계 무너짐의 주요 원인은 주틀 교차가새 불량 및 외부요인(주위에서 해체되는 구조물의 충격)에 의해 발생한 것으로 분석되었다. 이동식 비계의 뒤집힘 및 무너짐 재해를 예방하기 위해서 아웃트리거 등의 설치가 용이하고 제 기능을 할 수 있도록 연구개발이 필요하다.

[표4] 뒤집힘·무너짐 재해 원인별 현황

(단위 : 명, %)

구분		사고사망자	점유율
합계		14	100
뒤집힘	불시 이동(2~4단)	3	21.4
	발판 위 사다리 사용(2단)	2	14.3
	해체 중 불균형 모멘트(4단)	1	7.1
	경사지 이동(3단)	1	7.1
	수평 이동(3단)	1	7.1
	지반 단차(2단)	1	7.1
	외부요인(충격)(2단)	1	7.1
	난간 기대어 작업(1단)	1	7.1
	중량물 운반(1단)	1	7.1
	교차 가새 불량(1단)	1	7.1
무너짐	외부요인(충격)(1단)	1	7.1

(3) 실태조사 분석 결과

이동식 비계의 이해관계자 인터뷰(28명) 및 설문조사(280명) 결과, 이동식 비계의 떨어진 재해 예방을 위해 우선적으로 개선해야 할 사항은 1) 좁은 장소에서도 작업이 가능하도록 개선 2) 안전난간을 미리 설치할 수 있는 기술 적용 3) 승강은 주틀의 내부 계단이나 사다리를 사용할 수 있도록 개폐형 작업발판 적용 4) 일정 높이마다 작업발판을 설치할 수 있도록 개선 5) 이동식 비계의 사용 높이에 적합한 아웃트리거를 사용할 수 있도록 개선 6) 다양한 종류의 이동식 비계 개발·보급을 위해 국제적으로 인정되는 표준규격(EN 등)에 따라 설계 후 안전성이 검증되면 사용할 수 있도록 하는 등 개선이 필요한 것으로 분석되었다.

안전성과 현장 적용성을 개선한 이동식 비계 개발

(1) 개발 방향

이동식 비계의 중대재해 및 실태조사 분석 결과를 토대로 이동식 비계의 사용상 불편한 점과 작업 중 위험요인에 대한 개선 방안 및 이동식 비계와 관련된 이해관계자의 의견을 반영하여 편리하고 안전한 이동식 비계 개발을 위한 개발 방향은 다음과 같다.

- 이동식 비계의 안전성과 편리성 향상을 위해 인간공학적 설계와 구조 최적화 설계(현행 기준 범위 내)를 한다.
- 이동식 비계 작업발판 단부에 안전난간 설치·해체 시 떨어짐 위험이 있으므로 안전난간 선행공법(선행안전난간대)을 적용한다.
- 이동식 비계 승강 시 외측 사다리 이용 중 떨어짐 위험이 있으므로 내측 가설계단을 이용하거나, 내측 사다리를 사용할 수 있도록 작업발판은 덮개형으로 개선한다.
- 이동식 비계의 주틀 최소폭은 1.2m로 규격화되어, 좁은 문 통과와 좁은 공간에서 사용이 불가하므로 주틀은 길이 조절이 가능하도록 한다.
- 이동식 비계 주틀의 높이는 약 1.7m로 규격화되어, 현장별 다양한 높이에서 사용이 어려우므로 주틀의 높이를 1m 이하로 제작하여 다단으로 설치 가능하도록 한다.
- 이동식 비계의 전도 방지와 흔들림 최소화를 위해 주틀 하부에 잭베이스를 설치하고, 아웃트리거 외측에 발바퀴를 설치하여 이동 시에도 아웃트리거가 제 기능을 할 수 있도록 하며, 아웃트리거 바퀴 내측에 잭베이스를 추가 설치하여 작업 시 흔들림 최소화와 브레이크 기능을 할 수 있도록 한다.
- 건설현장은 설비작업 등 1인 작업이 많으므로 사다리와 말비계 보다 상대적으로 안전한 이동식 비계 사용을 원하지만 승용차로 운반이 어려우므로 승용차(SUV차량 등)로 운반이 가능하도록 긴 부재는 분리할 수 있거나, 길이 조절이 가능하도록 설계한다.

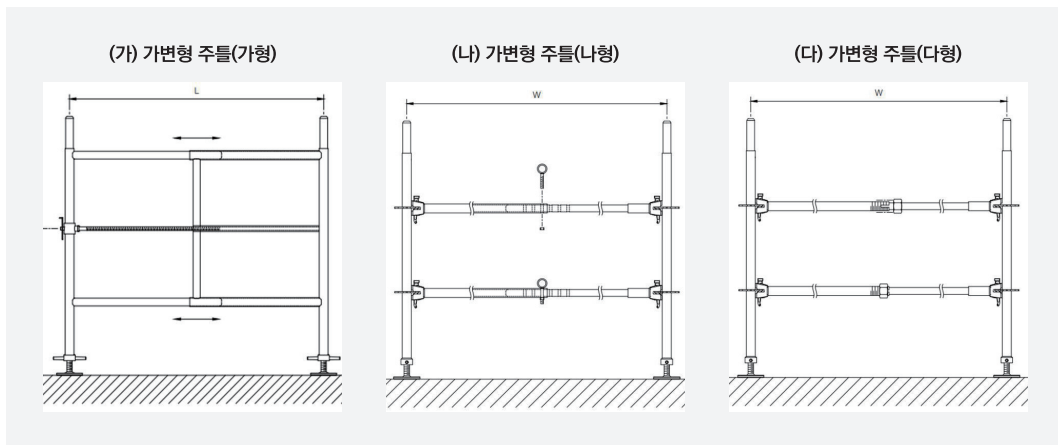
위와 같은 개발 방향에 따라 국내 및 해외에서 생산·유통되는 이동식 비계의 비교 분석 등을 통해 이동식 비계를 개발하였다.

(2) 이동식 비계 개선 모델

이동식 비계의 사용상 불편한 점과 작업 중 위험요인에 대한 개선방안 및 이동식 비계와 관련된 이해관계자의 의견을 반영한 편리하고 안전한 이동식 비계의 구성요소에 대한 개요도와 특징은 다음과 같다.

1) 가변형 다단 주틀

가변형 다단 주틀은 [그림2]의 (가)~(다)와 같이 주틀의 길이를 조절할 수 있는 가변형의 상부 주틀과 하부 주틀로 구성되며, 가변형 하부 주틀에 상부 주틀을 설치할 수 있도록 하였다. 가변형 주틀의 특징은 주틀의 폭을 조절할 수 있어, 좁은 공간 이동과 작업이 가능하므로 편리성 향상과 현장 적용성을 개선하였다.

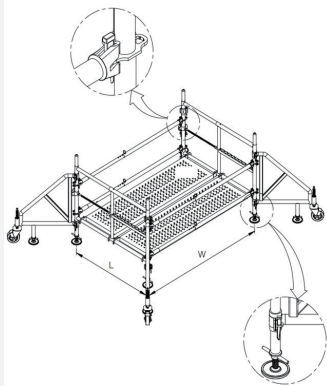


[그림2] 가변형 다단 주틀의 개념도

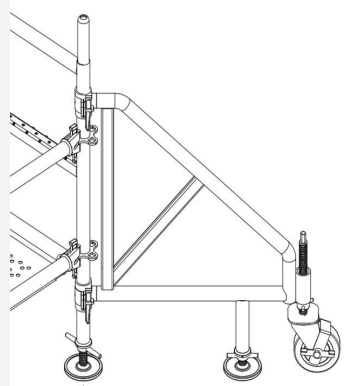
2) 바퀴와 잭베이스 부착형 아웃트리거

바퀴와 잭베이스 부착형 아웃트리거는 [그림3]과 같으며, 이동식 비계의 외력이나, 작업하중에 의한 흔들림 방지 등 외적 안정성 확보를 위해 주틀 하부에는 발바퀴 대신 잭베이스를 설치하였고, 이동식 비계 이동 시 전도방지 역할을 할 수 있도록 아웃트리거 외측에 발바퀴를 적용하였다.

(가) 이동식 비계에 적용한 개념도



(나) 상세도



[그림3] 바퀴와 잭베이스 부착형 아웃트리거

3) 이동식 비계용 선행안전난간대

이동식 비계용 선행안전난간대는 [그림4]와 같으며, 하부의 작업발판에서 상부 작업발판 단부에 안전난간을 미리 설치할 수 있도록 보조수직재를 설치하고, 설치된 보조수직재의 홈에 안전난간(2본)을 연결한 후 별도의 보조수직재 홈에 각각 연결하여 주틀 수직재의 플랜지에 체결하는 방식이다. 특징은 상부 작업발판으로 이동하기 전에 안전난간을 미리 설치할 수 있어, 떨어짐 재해를 예방할 수 있다. 안전보건공단에서 개발한 시스템 비계용 선행안전난간 설치 방법은 [그림5]와 같으며, 이를 이동식 비계에 응용하여 적용하였다.

(가) 선행안전난간대 설치 중



(나) 선행안전난간대 설치 완료



[그림4] 이동식 비계용 선행안전난간대 개념도

(1단계) 보조수직재(#1) 설치



(2단계) 수평안전난간(2단) 설치



(3단계) 보조수직재(#2) 연결후 설치

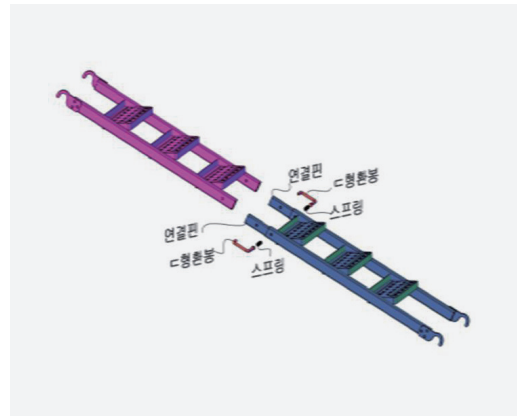


[그림5] 시스템비계의 선행안전난간대 설치 순서

출처 | 안전보건공단, 2021

4) 스프링 ㄷ형 환봉을 이용한 분리형 가설계단

스프링 ㄷ형 환봉을 이용한 분리형 가설계단은 [그림6]과 같으며, 상부 가설계단, 하부 가설계단, 연결핀, 스프링, ㄷ형 환봉으로 구성된다. 가설계단은 스프링형의 ㄷ형 환봉을 이용하여 쉽게 연결 및 분리가 가능하고, 운반과 취급이 용이하며, SUV 차량 등에 싣고 운반이 가능하다.



[그림6] 스프링 ㄷ형 환봉을 이용한 분리형 가설계단 개념도

(3) 개발한 이동식 비계의 구조안전성 평가

1) 현장 적용성 개선 모델 개요

이동식 비계의 중대재해 및 현장 실태조사 분석 결과를 토대로 선행안전난간을 적용한 이동식 비계를 개발하였다. 개선된 이동식 비계 모델에 대한 구조해석 결과 모든 부재는 구조안전성을 확보한 것으로 분석되었고, 시제품을 제작하여 부재별 실물실험을 통해 구조안전성을 검증하였다. 이에 따라 제작된 이동식 비계 시제품을 설치한 모습은 [그림7]과 같다.



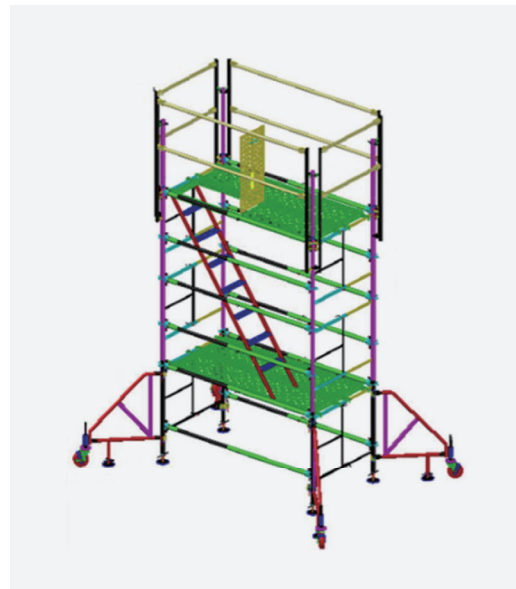
[그림7] 개선된 이동식 비계 설치 모습

2) 현장 적용성 개선 모델의 전문가 검토 결과

개선된 이동식 비계는 길이 조절이 가능한 주틀과 수평재를 적용하여 좁은 공간을 통과하거나 협소한 장소에서도 작업을 수행할 수 있어 기존의 이동식 비계보다 활용성이 높은 것으로 평가되었다. 또한, 아웃트리거에 바퀴가 부착되어 있어, 전도 위험성이 낮고, 선행안전난간대를 적용하여 떨어짐 위험을 근본적으로 개선한 것으로 평가되었다.

다만, 현행 방호장치 안전인증 고시의 기준에 따라 기존 이동식 비계와 규격이 유사하여 경량화에는 한계가 있으며, 현장 적용성 개선 모델 제안 시 현장의 여건을 고려하여 작업발판(400mm) 2열 설치가 가능하도록 하여 현장에서 보유하고 있는

작업발판을 활용할 수 있도록 개선이 필요하다는 의견이 있었다. 이에 따라 이동식 비계의 주틀 폭은 600~914mm, 수평재 길이는 1,524mm로 하였고, 전도 위험 시 주틀을 횡방향으로 추가 설치 하도록 하였으며, 이를 반영한 이동식 비계 설치 모델은 [그림8]과 같다(안전보건공단, 2021).

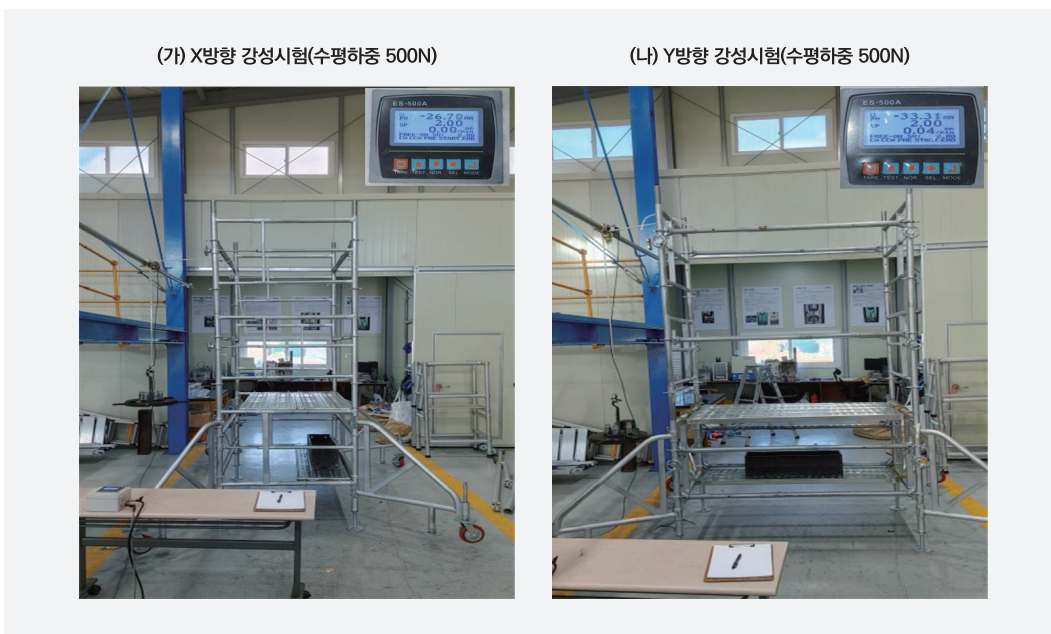
[그림8] 개선된 이동식 비계 모델 최종(안)
(600~914mm×1,524mm, 높이 약 3m)

3) 현장 적용성 개선 모델의 조립체 실험

현장 적용성 개선 모델의 구조안전성 확인을 위해 이동식 비계를 조립하여 2층(강성, 압축강도)의 실물실험을 실시하였다. 조립체 실물실험에 사용된 부재는 개별 실물실험을 통해 구조안전성이 확인된 제품을 사용하였다. 이동식 비계 조립체(914×1,524×3,000mm)는 하부 주틀 1단과 상부 주틀 2단을 조립하여 실물실험을 실시하였다.

① 조립체 강성실험

EN 규격에서 규정하고 있는 강성실험은 6m 높이의 조립체에 500N의 수평하중 적용 시 X방향과 Y방향의 누적 변위를 200mm로 규정하고 있다. 동 규정에서 타워형 비계(이동식 비계)의 높이와 변위의 관계식은 구조계산 및 실물실험 결과에 따라 선형공식을 적용할 수 있도록 하고 있다. 따라서 조립체의 실제 사용 높이를 고려하여 [그림9]와 같이 높이 3m의 조립체에 500N(≒50kgf)의 수평하중 적용 시 누적 허용변위는 선형관계식을 적용하여 100mm 이내로 설정하였고, X방향과 Y방향의 누적변위를 측정된 후 기준변위(높이 3m일 때 최대 변위 100mm)에 적합한지를 평가하였다.



[그림9] 이동식 비계 조립체 강성시험(X방향 및 Y방향)

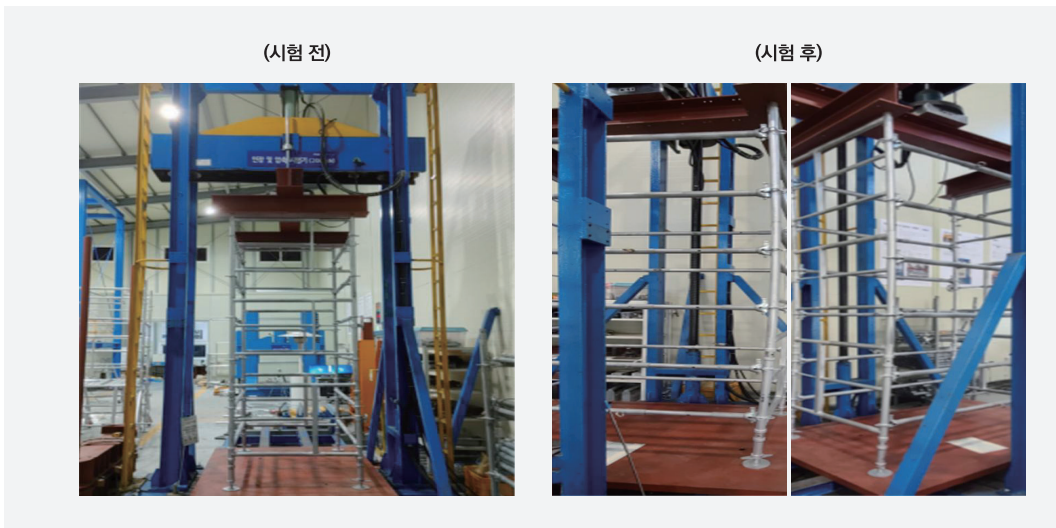
수평하중 500N을 적용하기 위해 섬유로프와 도르래 및 무게추(50kgf)를 사용하였으며, 변위측정은 수평변위계를 사용하였다. 이동식 비계의 강성시험 결과, X방향 변위는 26.70mm, Y방향 변위는 33.31mm로 측정되어, 누적변위는 60.01mm로 나타나 기준치 100mm의 60% 수준으로 기준에 적합한 것으로 평가되었다.

② 조립체 압축강도시험

이동식 비계의 개별 부재에 대한 최대압축하중에 대한 평가 결과 적정한 것으로 분석되었으나, 실제 건설현장에서 사용하는 조립체의 최대압축하중을 파악하여 현행 한국산업 표준과 방호장치 안전인증 고시에서 규정하고 있는 개별부재의 압축성능 수준을 분석할 필요가 있다.

이를 위해 이동식 비계의 조립체는 하부 주틀 1조와 상부 주틀 2조를 결합한 조립체(914×1,524×3,000mm)로 만들어 [그림10]과 같이 압축시험을 실시하였다. 시험결과 최대압축하중은 177kN으로 나타나, 이동식 비계의 설계하중 대비 압축성능이 과도한 것으로 분석되었다.

이는 개선된 이동식 비계 설계 시 KS규격과 방호장치 안전인증 고시에서 규정하고 있는 규격과 성능을 고려하여 제작되었기 때문이며, 이로 인해 경량화에는 한계가 있었다. 따라서 현행 부재별 안전인증 기준을 실제 사용조건에 맞도록 조립체에 대한 안전인증(성능 등) 기준으로 개정할 필요가 있다.



[그림10] 이동식 비계 조립체 압축강도시험

특허출원 및 기대효과

이동식 비계의 중대재해 분석, 현장 실태조사 및 구조안전성 검토 결과를 반영하여 개발한 『선행안전난간을 적용한 가변형 다단 이동식 비계』는 2021. 12. 10. 특허출원(출원번호 10-2021-0176381, 10-2021-0176383)되었으며, 향후 민간기업의 기술이전을 통해 건설현장에 보급할 예정이다. 이 기술을 적용한 이동식 비계가 건설현장에 보급될 경우 이동식 비계 관련 작업 시 떨어짐 및 뒤집힘 재해예방에 크게 기여할 것으로 기대된다. 또한 이동식 비계의 신기술 개발 및 안전보건기술지침(KOSHA GUIDE) 개정 시 참고자료로 활용될 것으로 예상된다.

참고문헌

- … 박주동 등, 건설현장 이동식 비계의 안전성과 현장 적용성 개선 연구. 산업안전보건연구원. 2021.
- … 한국산업안전보건공단, 특허출원 제10-2021-0176381(이동식 비계 구조물). 2021;서울:특허청.
- … 한국산업안전보건공단, 특허출원 제10-2021-0176383(이동식 비계 구조물). 2021;서울:특허청.
- … 한국산업안전보건공단, 특허출원 제10-2020-0132931(보조수직재 결합형 수평 선행안전난간대). 2020;서울:특허청.
- … 고용노동부, 방호장치 안전인증 고시(고용노동부 고시 제2021-22호). 고용노동부. 2021.
- … 고용노동부, 한국산업안전보건공단, 부산도시공사, 건설현장 비계작업안전 실무 안내서.
한국산업안전보건공단. 2019;pp.48-51.
- … 산업안전보건연구원, 이동식 사다리 안전작업기준 및 안전모델 제시에 관한 연구. 산업안전보건연구원. 2019.
- … 한국산업안전보건공단, KOSHA GUIDE C-28-2018(이동식 비계 설치 및 사용안전 기술지침).
한국산업안전보건공단. 2018.
- … 한국산업안전보건공단, 건설업 중대재해조사보고서. 한국산업안전보건공단. 2011-2020.

OSHRI : Brief

01. 수중 용접·용단 시 가연성 가스 폭발재해 예방을 위한 안전방안 연구
02. 국가별 산업환경의 차이에 따른 사고사망자 발생 수준 비교·분석 연구(I)
03. 밀폐공간 형상 및 내부 공기조성에 따른 필요 환기량에 관한 연구
04. 제조업 사내 협력업체 사고의 시스템 이론적 분석
05. 국내 산업별/직종별 특성과 사망사고 발생 위험 분석(I)
06. 폭발위험장소에서의 ICT설비의 활용실태 및
폭발 위험장소 설정기준 개선방안
07. 컨베이어 끼임 사망사고 감소 안전성 향상 방안 연구

OSHRI: Brief는 산업안전보건연구원의 주요 연구를 간략히 정리하여 소개합니다.

수중 용접·용단 시 가연성 가스 폭발재해 예방을 위한 안전방안 연구



연구책임자

산업안전보건연구원
산업안전연구실 강준혁 차장

수중 용접·용단 중 물의 전기분해로 생성된 가연성 가스가 전극봉의 아크로 인한 점화로 폭발하여 잠수작업자가 부상당하거나 사망하는 사례가 종종 발생한다. 이에, 가연성 가스의 종류 및 발생량을 측정하여 폭발을 예방할 수 있는 안전방안을 마련할 필요가 있다.

I. 서론

수중 용단 시 사용되는 산소-아크 절단법은 직류전기를 이용하여 전극봉 끝에 생성된 아크로 모재를 녹이고 용융된 모재에 고순도 산소를 공급함으로써 모재의 산화 과정에서 발생하는 열을 이용하여 절단하는 방법이다. 수중 용단 시 음극에 연결된 전극봉에서 물이 전기분해되어 수소가 발생하고, 연소 및 메탄화 반응으로 이산화탄소, 일산화탄소 및 메탄 등이 발생한다. 생성된 가연성 가스는 수면으로 상승하여 배출 되나 일부는 구조물의 형상에 따라 수면으로 배출되지 못하고 쌓였다가 아크와 접촉하여 폭발의 원인이 된다. 본 연구는 국내·외에서 수중 용접·용단에 사용되는 전극봉의 가연성 가스(수소, 일산화탄소, 메탄) 발생량을 측정하고 가스를 수면으로 배출하기 위한 방안을 제시함으로써 수중폭발 재해예방에 기여하고자 하였다.

II. 연구내용

수중 용접·용단용 직류발전기를 이용하여 직류정극성(전극봉-음극, 그라운드-양극) 회로를 구성하였다. 염분수(35 ± 1 ppt)에 전극봉과 그라운드를 넣고 전기를 통전하되 연소시키지 않은 전극봉(용접봉, 탄소가우징봉, 초고온 절단봉)의 끝과 전극봉 홀더에서 발생하는 가스량을 측정하였고, 연소 시 발생한 가스는 물로 채운 플라스틱 백으로 포집한 후 포집낭(Tedlar bag, 1리터)으로 옮겨 담은 뒤 가스크로마토그래피(Shimadzu, GC-2010plus)를 이용하여 가스의 조성을 분석하였다. 용접봉에 인가된 전기의 특성은 DC60V, 200A였고, 용단봉에 인가된 전기는 DC60V, 300A였으며, 모재는 일반구조용 압연강재 SS275를 사용하였다.

연소시키지 않은 전극봉(음극)에서 발생한 가스의 평균 발생량은 [표1]과 같았다.

[표1] 수중 용단 전 가스발생량 및 연소시간

전극봉	1분간 가스 발생량(ml/min)	전극봉 1개당 가스 발생량(ml/rod)	전극봉 1개당 연소시간(초)
수중 용접봉	55.6	86.2	93.0
수중용 탄소 가우징봉	287.0	861.0	179.6
초고온 절단봉	267.8	200.9	44.6

연소시키지 않은 전극봉 중 국내에서 가장 많이 사용되는 수중용 탄소 가우징봉에서 가장 많은 양의 가스가 발생하였는데, 타 전극봉에 비해 절연되지 않은 부위가 넓고 전극봉 1개당 연소시간이 길기 때문에 판단되었다. 연소 후 전극봉(음극)에서 발생한 가스의 평균 발생량은 [표2]와 같았다.

[표2] 수중 용단 후 가스 조성(vol%)

전극봉	수소	산소	질소	메탄	일산화탄소
수중 용접봉	53.12	2.35	5.26	0.685	40.16
수중용 탄소 가우징봉	0.17	94.82	2.69	0.003	0.29
초고온 절단봉	0.51	95.48	4.49	0.007	0.20

수중 용접봉을 제외한 용단용 전극봉의 가연성 가스 발생량은 수소-산소 분위기의 폭발하한계인 4% 미만으로 측정되었는데, 용단의 효율성을 높이고자 사용된 고순도 산소 때문에 추정되었다. 한편, 수중 용접봉에서 발생한 가스는 잠수작업자가 내쉬는 공기와 섞이지 않았을 때의 조성비이며, 잠수작업자가 내쉬는 공기(분당 9리터)와 혼합되면 수소의 조성비는 0.33%로 폭발하한계 미만이었다.

III. 결론 및 정책제언

수중 용접 시 발생한 가연성 가스는 잠수작업자의 날숨과 섞이고, 수중 용단 시 생성된 가연성 가스는 다량의 고순도 산소와 혼합되어 폭발하한계 미만으로 분석되었다. 그럼에도 불구하고 발생하는 수중 폭발은 해저생물에 의해 발생한 메탄이 원인물질로 작용하거나 생성된 가스의 일부가 배출되어 가연성 가스의 조성비가 폭발범위에 해당될 때 발생하는 것으로 추정되었다.

수중 폭발을 예방하기 위한 전통적인 방법은 생성된 가연성 가스를 배출하기 위하여 다수의 배출구를 뚫는 것이다. 배출구를 뚫고 용단 작업 전 공기를 분사하여 배출구의 효율을 확인한 후 가스의 이동 경로에 에어 리프트를 설치하여 가연성 가스를 수면으로 강제 배출함으로써 사고의 위험을 줄일 수 있을 것으로 판단되었다. 시야가 확보가 되지 않아 기포의 이동경로를 파악할 수 없을 때 다량의 공기를 분사하여 가연성 가스의 조성을 폭발하한계 미만으로 유지하는 방법이 사용되고 있으나, 비가연성 가스가 다량 배출되고 가연성 가스는 축적되는 선택적 불균등 배출로 인하여 수중 폭발의 가능성을 완전히 배제할 수 없었다.

따라서, 수중 용단 시 아래보기 자세나 H형강처럼 가스를 포획하는 구조를 갖는 자재 및 강널말뚝과 같이 절단면 반대편에 대한 정보가 부족한 경우와 높은 탁도로 인하여 가스의 이동경로를 확인할 수 없을 때는 유압 전단기, 그라인더, 다이아몬드 톱 또는 연마제가 포함된 고압 워터제트를 이용하는 기계적 절단법을 우선 고려하여 작업자의 안전을 확보하여야 한다.

국가별 산업환경의 차이에 따른 사고사망자 발생 수준 비교·분석 연구(I)



연구책임자

산업안전보건연구원
산업안전연구실 김진현 실장

국가마다 처한 상황과 발전단계에 따라 발생하는 산업재해의 양상은 다르고 관련 통계자료를 수집하고, 산재예방에 대처한 방식도 국가마다 달랐을 것이다. 흔히 국가 간 산재수준의 비교에 ILO(국제노동기구)가 제공하는 국가별 산재통계 자료를 인용한다. 하지만 ILO가 취합하고 공개하는 산재통계 자료는 국가 간에 직접 비교 가능한 정도로까지 정비되지 못했다. 국가마다 복잡한 사정으로 인해 다룰 수밖에 없는 산재 관련 자료의 수집 및 통계 산출과정, 수시로 변경되는 산출기준에 대해 구체적이고 세부적인 파악은 불가능하겠지만, 대략이나마 중요한 일부라도 이해할 수 있는 길을 제시하고자 하였다.

I. 서론

범위 및 방법

연구대상 국가로는 산재보상보험체계를 갖추었지만 산재통계를 별도로 산출하는 독일과 일본, 산재예방 역량 우수국가로 알려져 늘 벤치마킹 대상 국가로 여겨지지만 공적인 산재보험체계가 없이 노동자(사업주) 보고(신고)에 의존하여 통계를 산출하는 영국, 각 주별로 다른 산재보험체계를 운영함으로써 국가가 별도의 조사체계를 구축한 미국을 중심으로 비교분석하였다.

국가 간 산재 발생수준의 비교에 대부분 사망십만인율의 비교가 이루어진다. 이 때 사용되는 자료와 그 비율지표의 분자, 분모인 Fatal occupational injuries(업무상사고 사망자에 해당), Workers(노동자, 작업자, 종사자, 취업자 등으로 해석 가능)의 산출방식과 범위에 대해 ILO가 공개하는 사망자수, 사망십만인율 자료의 세부 내역을 검토하는 작업을 분석의 시작점으로 하였다.

II. 연구내용

문제의 인식

국가별 산업재해와 관련된 지표는 ILO 통계시스템인 ILOSTAT explorer에서 공개하고 있다. 하지만 이 사망십만인율 또는 사망자수의 국제비교는 문제가 많다. 산업재해의 사망십만인율 등을 국제적으로 비교하기 위해서는 산업재해와 사망자수의 산출기준과 범위가 일치해야 하지만 현실은 그렇지 않다. 국가마다 다르다. 사실상 얼마나 다른지 알 수도 없다.

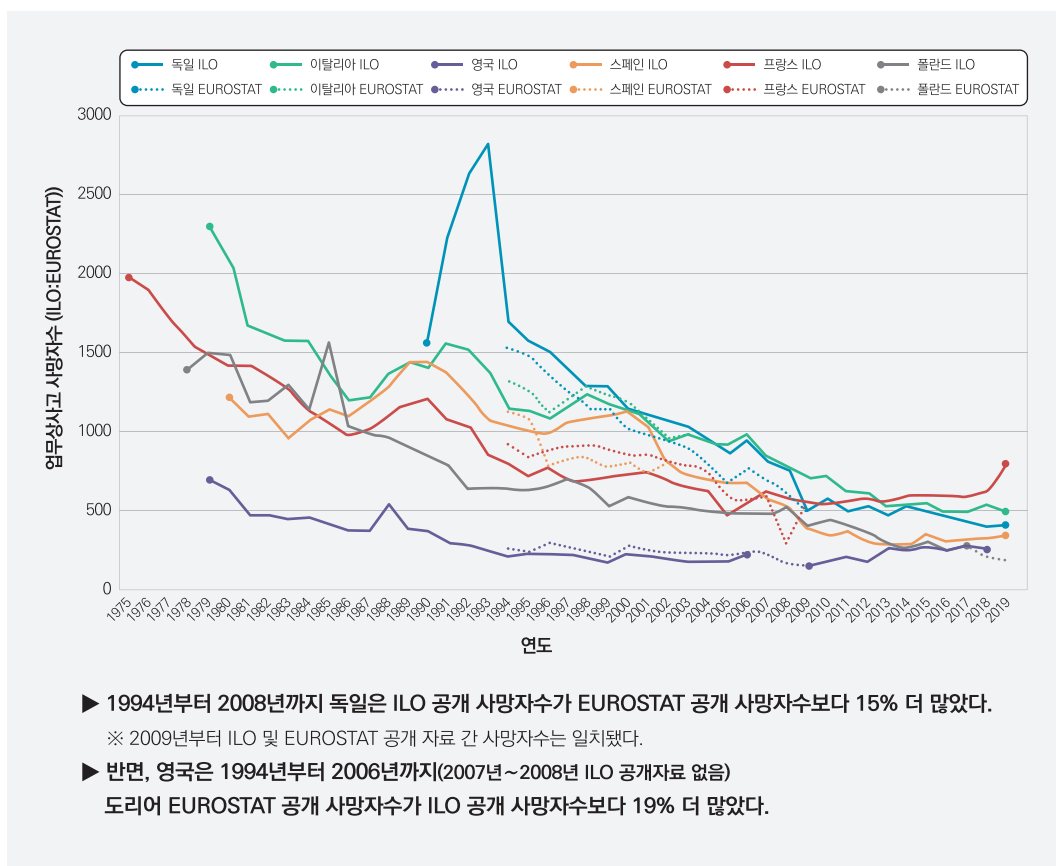
ILO에서는 국가별 산업재해 통계자료에 대한 해석에 있어 한계점도 명시하고 있다. 사실상 국가 간 비교 대신 국가별 추세분석이 더 유용하다고 밝히고 있을 정도이다. 유럽에서는 EUROSTAT(유럽연합 통계청)가 출범하면서 상당기간 통계의 표준화에 공을 들인 후 유럽 내 산재통계에 대해서만 국가 간 비교 결과를 공개(영국 안전보건청, HSE)하고 있다. HSE는

유럽연합 회원국 산재지표의 국제비교 (ILO와 EUROSTAT 공개자료)

미국과 아시아 등의 통계지표는 산출기준이 달라 유럽과 함께 비교하지 않는다고 밝히고 있다.

ILO가 제공하는 국가별 산업재해 지표(사망십만인율, 사망자수)의 국가 간 비교와 관련하여 극복해야 할 문제점은 여러 가지가 있지만, 현재 및 향후의 상황으로 미루어 짐작하건데 이러한 문제점들이 해결돼 산재지표의 국가 간 직접 비교가 이루어진다는 것은 요원해 보인다.

독일과 영국, 두 국가에서 제공하여 ILO와 EUROSTAT에 공개한 통계자료의 산출기준이 달라 국가별로 같은 업무상사고 사망자수가 두 국제기구에서 엄청나게 큰 차이를 만들고 있었던 사례이다. ILO에 공개된 숫자에 대해 독일 입장에서 평가하면 영국이 과소산출한 것이고, 영국 입장에서 보면 독일이 과대산출한 것이 된다.



[그림1] 유럽 6개국 업무상사고 사망자수 비교(ILO vs. EUROSTAT)

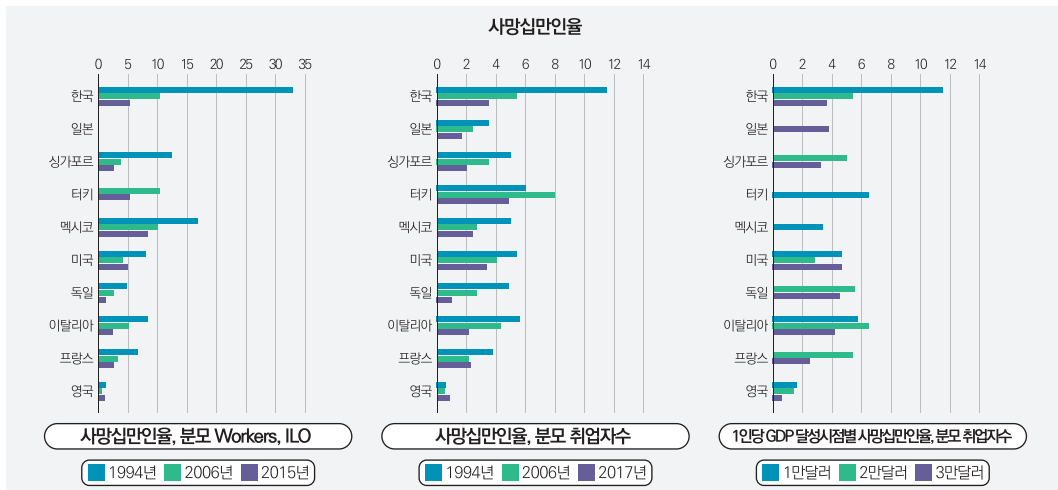
1인당 GDP 달성시점별 산재지표 비교 (참고용 비교일 뿐 비교의 타당성은 확보되지 않음)

ILO가 공개하는 사망십만인율의 동일시점(현시점과 같이 동일연도 비교) 단순 비교를 벗어나 관점과 시각을 달리하면 얼마든지 다른 방식으로 비교할 수 있고, 그 결과의 해석은 크게 달라질 수 있다. 우리나라가 1인당 명목 GDP(국내총생산, 당해년가격) 1만 달러, 2만 달러, 3만 달러를 달성한 1994년(10,383달러), 2006년(21,727달러), 2017년(31,605달러)의 3개 연도를 중심으로 비교하였다. 우리나라는 1994년 자료가 없어 1993년 값으로 대체하였다. 미국의 자료 중 사망자수는 1991년까지는 숫자가 특이하여 신뢰할 수 없지만 그대로 사용하였다.

1994년 한국은 산재사망에서 영국 대비 32배 위험한 국가였고, 독일에 비해서도 6.9배 위험했다(이 당시 우리나라의 통계수치에는 대부분의 다른 국가들과 달리 업무상사고 사망자수에 직업병 사망자수까지 포함된 상태). 2015년 자료(2017년 자료는 대부분 국가에서 제공되지 않아 최근년인 2015년 자료 활용)에서도 여전히 한국은 영국보다 6.4배 위험한 국가였고, 독일에 비해서도 5.5배 위험했다. 그런데 분모에 쓰인 Workers 대신, 국가 간에 어느 정도 산출기준이 표준화된 취업자수 자료를 분모에 대신 사용하면, 한국(1993년)은 1994년 영국 대비 14.4배, 2017년 4배 위험한 국가로 그 위험의 정도가 앞의 경우에 비해 아주 낮아진다. 독일에 비해서도 1994년 2.4배, 2017년 3.6배로 낮아진다.

이번에는 다시 기준을 바꿔 국가별로 1인당GDP 1만 달러, 2만 달러, 3만 달러를 달성한 각 시점에서 ILO의 국가별 사망자수(분자)와 한국 통계청 취업자수 자료를 분모에 활용하여 비교하면, 우리나라는 1인당GDP 1만 달러 달성 시점에서 영국 대비 7.7배, 2만 달러에서는 4.8배, 3만 달러에서는 5.1배 위험한 국가로 된다. 2만 달러 달성 시점에서 우리나라는 독일, 이탈리아 및 프랑스에 비해 오히려 안전한 국가가 된다. 우리나라는 3만 달러 달성 시점에서도 일본, 미국, 독일, 이탈리아에 비해 더 안전한 국가다. 도시국가인 싱가포르와 비교해도 별 차이가 없을 정도다.

물론 이러한 방법의 접근과 해석은 여전히 타당하지 못하다. 분모인 각 국가별 취업자수는 국제적으로 어느 정도 표준화된 기준에서 나온 수치라고 말할 수 있지만 분자인 사망자수는 여전히 비교 국가별로 일치되는 기준, 범위 및 방식으로 산출된 값이 아니기에 이렇게 비교할 수는 없다. 다만, 다른 관점에서 보면 완전히 다른 결과를 도출하게 된다는 사례로 제시해보았을 뿐이다.



[그림2] 주요 국가 간 업무상사고 사망십만인율 비교사례(참고용, 비교 타당성 없음)

국가별 산재지표의 산출기준과 방식의 차이

(우리나라) 업무상사고 사망십만인율 산정에 쓰이는 사망자수의 산출 범위는 산재보상보험 적용 대상 근로자이다. 업무상사고 사망자수 통계에서 사업장외 교통사고(운수업, 음식·숙박업은 포함), 체육행사, 폭력행위, 사고발생일로부터 1년 경과 사고 사망자수는 제외시킨다. 자영업자는 산재통계 비율지표 분자 및 분모에 일부 반영되고 있다. Workers(분모) 수는 Employees(근로자) 수에 근접한다. 2007년(ILO 공개 자료 기준)을 기점으로 업무상사고 사망자수로 사망자 산출기준이 변경되면서 사망자수가 크게 감소하였다. 그 이전의 자료에는 사고와 질병 산재 사망자수가 합쳐져 있었다.

(독일) 1990년~2008년까지는 보상방식(국가 주도의 산재보상보험체계 기반)의 자료이며, 1990년에는 분모에 환산 값을 사용했다. 1991년~1993년까지는 1990년과 달리 실제 Workers 수를 사용했는데 사망십만인율은 이 3년 동안 특이하게 높았다. 물론 이 3년간 사망자수가 특히 많이 발생하기도 했다. 이 3년간 사망자수의

급증이 산출기준의 차이인지, 실제 그렇게 발생한 것인지는 파악되지 않았다. 이후에 다시 분모에 환산 값을 적용하기 시작했다. Workers 수는 다른 국가에 비해 큰 숫자이다. 분모에 환산 값을 사용하는데도 불구하고 큰 숫자인 것은 Workers의 대상으로 산정하는 범위가 다른 국가에 비해 아주 넓은 데 그 원인이 있는 것으로 보인다. 이로 인해 다른 국가와 사망십만인율을 그대로 비교할 수 없다. 2009년부터 EUROSTAT 통계 기반으로 바뀌면서 보고방식(정부기관이 사업주 등으로부터 취합하는 산재발생 자료 기반)으로 변경했고, ILO에 제공된 사망자수도 민간 부문만을 산출 대상으로 하였다. 따라서 2008년~2009년의 감소는 실제 업무상사고 사망자수 감소와는 상관없이 통계상으로만 크게 감소하였다고 보는 것이 타당하다. 자영업자는 분자 및 분모에 함께 포함시키는 것으로 추정된다. Workers 수는 Employment(취업자)수의 120% 정도이다.

(영국) 1979년~1980년 단 두 해만 보상 방식이었다. 1981년부터 보고방식으로 바뀌었다.

역시 1980년~1981년 사망십만인율 감소 정도가 아주 컸다. 보상방식이던 1979년 사망자수 691명, 1980년 628명이 보고방식으로 바뀐 1981년 461명으로 무려 167명(26.6%)이 감소하였다. 1979년~1993년의 통계 수치는 역력기준이 아니었기에, 산출 기준기간은 4.1~3.31이었다. 또한 같은 기간 영국 내 일부 지역은 통계 산출에서 제외됐다. 보험체계에서 사망자수를 파악할 수 없기에 정부기관에 대한 보고(신고)체계에만 의존하여 사망자수를 파악한다. 자영업자는 생산하는 산재 사망자수 통계에는 포함시키지 않으나 Workers에는 포함시키는 것으로 추정된다. Workers 수는 Employment 수로 볼 수 있다.

(일본) 산재보상보험체계에서는 업무상사고 사망자수를 파악하지 않고 관할 노동기준감독서에서 조사하여 파악한 사망노동 재해자수를 집계하여 활용한다. 공무원과 자영업자를 제외하고 노동력조사연보를 통해 조사한 노동자수를 Workers로 한다. 자영업자는 분자 및 분모에 원칙적으로 반영시키지 않는 것으로 추정된다. Workers 수는 Employees 수 정도이다.

(미국) 연방국가인만큼 산재통계 과정도 복잡하다. 주정부별 산재통계를 취합하는데, 사망사고는 각 정부기관에 대한 신고자료, 사망진단서 등을 기초로 전수조사(CFOI)한다.

Workers는 노동부 노동통계국이 조사한 연평균 환산노동자수를 활용한다. 자영업자는 생산하는 산재 사망자수 통계에는 포함시키지 않으나 Workers에는 포함시키는 것으로 추정된다. Workers 수는 Employees 수의 70% 정도이다. 1976년부터 자료가 제공됐으나 1991년까지 사망자수의 합계치는 정상적이라 보기 힘들 정도이다. 1992년에는 1991년 대비 사망자수의 합계치가 엄청나게 급증했다. 1991년 2,800명에서 1992년 6,217명으로 무려 122% 급증하였다. 이 때 CFOI방식으로 변경됐다.

(프랑스) 일관되게 보상방식이었다. 자료는 1969년 이후 단 한 해의 누락도 없이 충실하게 공개되었다. 사망십만인율 산출에 사용된 분모는 산재보험 적용 노동자수(Employees, Insured persons)이다. 2009년부터 EUROSTAT 기반으로 변경되고 민간 부문만 산출 대상으로 하였지만, 그 이전과 비교할 때 사망자수나 사망십만인율의 감소 측면에서 차이는 느껴지지 않는다. 다만 EUROSTAT 기반 표준화 이후 최근으로 오면서 업무상사고 사망자수가 정체되거나 증가하는 추세에 놓인 현상은 아쉬움을 남긴다.

III. 결론 및 정책제언

① 국가 간 산재 수준의 직접 비교는 불가능하다

업무상사고 사망자수를 산출하는 국가별 대상 집단 범위는 국가마다 크게 다르다. 업무상사고로 인정되는 산재처리, 통계산출 방식과 기준도 국가마다 다르다. 이러한 세세한 기준 등의 결정은 각 국가에 맡겨져 있다. 따라서 현재의 각 국가별 산재통계 산출 방식과 기준에서 나온 결과 수치를 국가 상호간에 직접 비교하는 것에서는 타당한 결론을 얻을 수 없다.

② 국가 간 산재 수준 비교의 관점을 달리하면 다른 결과를 얻는다

사망십만인을 산출 시 분모에 Workers 대신 취업자수(Employment)를 사용하거나, 산업발전 단계를 감안하여 1인당GDP 달성지점을 기준으로 비교한다면 완전히 다른 결과를 얻게 된다. 또한, 2021년 9월 발표된 WHO/ILO 공동추계 국가별 산재 사망자수에 대한 자료는 산출방식, 기준의 차이로 인해 ILO의 국가별 자료와는 완전히 다른 결과를 나타냈고, 이는 산출방식 및 산출기준의 차이에 따른 한 사례일 뿐이다.

③ 보고(신고)방식에만 의존하는 국가의 산재지표는 신뢰성이 낮다고 추정된다

국가 차원에서 운영하는 산재보상보험제도에 따라 산업 재해자수를 파악할 수 있는 국가와 보고(신고)체계에만 의존하여 산업 재해자수를 파악하는 국가는 산재지표에 대한 신뢰성이 같을 수 없다. 특히 영국은 과거 산재감소 측면에서 상당히 앞선 국가로 인식됐지만, EUROSTAT 1990년대 산재발생 보고(신고)율 조사 결과, 독일 및 뉴질랜드의 사례, 이 연구의 산재지표 분석 결과 및 WHO/ILO 산재 사망자수 공동추계 결과 등을 감안하면 그간의 산재지표에 대한 신뢰성이 높았다고 볼 수 없을 것 같다. 산재지표의 공개 및 관리 측면에서 이 연구에서 분석된 국가 중 프랑스, 독일은 우수한 국가로 추정된다.

④ 산재지표의 국가별 비교와 관련된 제언

국가별 산재지표는 수치의 산출방법과 기준이 명확히 공개되지 않고 있다. 실제 해당 지표를 산출하는 업무 담당자가 아니라면 해당 국가 내에서도 이를 제대로 파악하는 것이 쉽지 않다. 더구나 그 산출기준이 수시로 달라지는 현실에서는 추세분석도 이루어지기 힘들다. 최근 수년 간 표준화 노력을 들였다는 EUROSTAT 산재통계 지표조차도 국가별 기준을 제대로 파악할 수 없었다. 현실적으로 접근 가능한 국가별 비교 방법(굳이 필요하다면)으로는 연구자가 스스로 타당성을 주장할 수 있는 범위와 정도까지 세부적으로 수치의 산출과정을 추적하고 비교의 한계점을 명시해 주는 것이 아마 최선일 것이다. 하지만, 국제기구(ILO 등)에서 공개하는 수치는 그대로 인용하여 비교하면 뭐가 문제(비교의 한계점)인지조차 인식도 힘들 수 있지만, 수치의 산출과정을 파고들면 들수록 결국 현 상태로는 비교할 수 없겠다는 결론에 이를 것이라 사료된다.

밀폐공간 형상 및 내부 공기조성에 따른 필요 환기량에 관한 연구



연구책임자

산업안전보건연구원
산업안전연구실 백빛나 대리

밀폐공간에서의 질식재해는 관련 재해자의 50%가 사망할 정도로 사망 위험성이 높아 정확한 재해예방대책이 필요하다. 이에, 본 연구에서는 전산유체역학을 이용하여 밀폐 공간 형상에 따른 작업 전 필요 환기량에 대해 검토를 수행하였다.

I. 서론

산업안전보건기준에 관한 규칙 제618조 제1항에 따르면 밀폐공간이란 산소결핍, 유해가스로 인한 질식·화재·폭발 등의 위험이 있는 장소로서 별표 18에서 정한 장소로 정의된다. 그리고 2010년부터 2019년까지 밀폐공간에서 발생한 사망자수는 전체 질식재해자의 53.2%에 해당하는 것으로 확인된다. 즉, 밀폐공간 내 질식재해자가 발생할 경우 2명 중 1명은 사망한다는 것을 의미하며 밀폐공간 내 질식재해가 사망위험성이 높다는 것을 나타낸다. 그리고 중대재해 처벌 등에 관한 법률 시행령 별표 1에서 정의하는 직업성 질병에 공기 중 산소농도가 부족한 장소에서 발생한 산소결핍증이 포함되었다. 따라서 밀폐공간 내 질식재해를 예방하기 위한 정량적이고 정확한 대안이 선제적으로 필요하다.

현재 안전한 밀폐공간 내에서의 작업을 위한 방법은 밀폐공간 작업 프로그램 수립 및 시행에 관한 기술지침(H-80-2018)에 자세히 정리되어 있다. 해당 지침에서는 적정 공기 수준을 유지하기 위한 필요 환기량으로 작업 전 밀폐공간 체적 5배, 작업 중 시간 당 교환 횟수 20회 이상으로 명시하였다. 하지만 2020년에 수행된 재해조사를

통해, 일부 밀폐공간 형상에서는 밀폐공간 내 적정공기 상태를 유지하기 위해 작업 전 밀폐공간 체적의 약 9~11배의 환기량이 필요한 것으로 확인하였다. 또한 재해현장의 상황을 반영한 전산유체역학(Computational Fluid Dynamics, CFD) 분석 결과에서도 적정공기 농도로 치환하기 위해서는 작업 전 밀폐공간 체적의 약 10배에 해당하는 환기량이 필요함이 확인되었다. 즉, 재해가 발생한 밀폐공간 형상은 기술지침에서 제안한 작업 전 필요 환기량보다 많은 환기가 필요하다는 것이며 밀폐공간 형상에 따른 작업 전 필요 환기량에 대한 검토가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 CFD를 이용하여 밀폐 공간 작업 전 필요 환기량을 밀폐공간 형상에 따라 검토하였다.

II. 연구내용

연구 방법

시뮬레이션 조건을 선정하기 위해 최근 10년간(2011년 ~ 2020년) 발생한 질식 중대재해를 [표1]과 같이 분석하여 재해 다발 장소 유형과 화학종을 확인하였다. 그리고 재해 분석 결과와 전문가 자문을 통해 아래 [표2]와 같이 시뮬레이션 조건을 선정하였다.

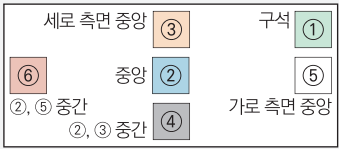
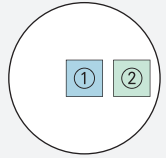
본 연구에서는 시뮬레이션 코드로 미국 NIST¹⁾에서 개발한 Fire Dynamics Simulator(FDS)를 사용하였다. FDS는 주로 화재해석에 사용되는 대표적인 코드이지만 구미 불산 누출사고 등 유동해석에서도 높은 수준의 예측능력이 확인된 바 있다. 또한 FDS는 강제 환기 등 환기시스템 성능평가에 대한 해석도 가능하기 때문에 충분히 본 연구에서 평가하고자 하는 밀폐공간 내 필요 환기량 평가 연구에 사용가능하다. 그리고 격자 민감도 테스트는 부피가 64 m³인 조건과 0.05 m, 0.1 m, 0.2 m의 격자에 대해 수행하였다. 격자 민감도 테스트 결과를 통해 선정된 격자 크기는 0.1 m이다. 우리나라의 경우 2015년 「화학물질 등록 및 평가 등에 관한 법률」 및 「유해화학물질관리법」과 관련하여 화학물질 감지센서에 대한 수요가 증가하고 있다.

[표1] 질식 중대재해 분석 결과(2011년 ~ 2020년)

재해 발생 장소	화학종				
	CO	H ₂ S	산소결핍	기타	합계
부패 쉬운 물질용 정화조/침전조/집수조/탱크/암거/맨홀/판/피트		18	5	2	25
갈탄/목탄/연탄을 이용한 콘크리트 양생장소 및 가설숙소 내부	16		1		17
유해가스가 들어있던 배관/집진기 내부	3		2	9	14
헬륨/아르곤/질소/프레온/탄산가스/불활성기체용 보일러/탱크/반응탑				11	11
산소를 흡수하는 물질용 탱크/호퍼/선창 내부			10		10
화학물질용 반응기 및 탱크 내부		1	6	1	8
기타	8	5	8	6	27
합계	27	24	32	29	112

1) National Institute of Standards and Technology

[표2] 시뮬레이션 조건

구조물 형상	내부 조성	개구부 위치	개구부 길이	구조물 부피
육면체 가로 = 길이 가로 < 높이 가로 > 높이	일산화탄소(CO), 황화수소(H ₂ S)		0.5 m, 1.0 m, 1.5 m, 2.0 m, 2.5 m, 3.0 m, 3.5 m, 4.0 m	27 m ³ , 64 m ³ , 216 m ³
원기둥 지름 = 높이 지름 < 높이 지름 > 높이	일산화탄소(CO), 황화수소(H ₂ S)		0.5 m, 1.0 m, 1.5 m, 2.0 m	27 m ³ , 64 m ³ , 216 m ³

연구 결과

(1) 육면체 형상에 대한 계산 결과

내부 조성에 따른 필요 환기량은 내부 조성의 비중에 관계없이 서로 유사한 것으로 확인하였다. 그리고 '가로 < 높이' 형상의 구조물이 가장 개구부 위치에 영향을 많이 받으며 구조물 형상에 따라 환기가 가장 빠르게 완료되는 개구부 위치는 다른 것으로 확인하였다. 다음으로 개구부 면적이 증가할수록 필요 환기 횟수는 선형적으로 감소하고 개구부 면적이 구조물 천장 단면적 대비 약 76.6%이상인 경우, 기술지침에서 제안하는 필요 환기 횟수인 5회를 만족하는 것을 확인하였다. 마지막으로 구조물 부피가 64 m³인 조건에 대해 검토한 격자 크기는 구조물 부피가 27 m³인 조건을

해석하기 부적합하며 추후 계산에 적합한 격자 선정이 필요하다.

(2) 원기둥 형상에 대한 계산 결과

본 연구에서 밀폐공간 형상별 필요 환기량을 검토하기 위해 사용한 시뮬레이션 코드는 FDS이며 FDS는 직교 좌표계 해석만 가능한 코드이다. 따라서 실제 원기둥 형상 내부의 유동을 해석하기에는 적합하지 않으며 원통좌표계 해석이 가능한 계산 코드를 이용하여 추가적인 연구가 필요하다.

III. 결론 및 정책제언

본 연구에서는 밀폐공간 작업 전 필요 환기량에 대해 수치계산을 이용하여 평가하였다. 평가 조건은 크게 육면체와 원기둥 형상과 내부 공기 조성, 개구부 위치, 개구부 면적, 구조물 부피이다.

수치계산 결과를 통해 현재 밀폐공간 작업 프로그램 수립 및 시행에 관한 기술지침에서 제안하고 있는 필요 환기 횟수는 일부 밀폐공간 형상에 대해 적합하지 않은 것으로 확인되었다. 밀폐공간에서의 재해는 지속적으로 발생하고 있으며 이를 예방하기 위해서는 밀폐공간 형상에 따른 정확한 필요 환기량을 제안할 필요가 있다. 다만, 수치해석에 의한 필요 환기량 검토만으로는 정확성 검증에 한계가 있기 때문에 정확한 필요 환기량 검토를 위해 실험연구를 병행하는 것이 필요할 것으로 판단된다.

제조업 사내 협력업체 사고의 시스템 이론적 분석



연구책임자

산업안전보건연구원
산업안전연구실 서동현 연구위원

협력업체에서 사고가 지속적으로 발생하고, 사회적으로 이슈가 되고 있다. 협력업체에서 발생한 사고는 그 원인이 단순히 보일지라도 내부적으로 여러 복잡한 요인이 연결되어 있을 수 있고, 협력업체 자체의 문제보다는 모기업 또는 다른 사내 협력업체가 연관되어 문제가 발생했을 수 있다. 이러한 협력업체의 사고를 예방하기 위해서는 협력업체에서 발생한 사고를 상세하게 분석한 통계자료와 사고 발생 메커니즘 분석이 필요하지만 이에 대한 연구는 찾아보기 어렵다.

I. 서론

사내하도급업체는 모기업으로부터 수시로 공기 단축 압력을 받고, 설비에 투자할 수 없기 때문에 모기업의 지원 없이는 안전한 작업환경을 조성하기 어렵다. 그리고 사내 하도급업체는 전체 공정의 일부분을 맡고 있어 전체 업무과정을 조망하면서 그 속에서 재해를 예방하기 위해 일의 흐름이나 순서를 조정하기도 어렵다(박찬임, 2016). 이와 같은 이유로 사내 협력업체에서는 모기업보다 더 많은 사고가 발생하는 경우가 많다. 2018년에 도입된 원·하청 산재 통합관리제에 따라 2020년에 고용노동부에서 발표한 협력업체 사업장의 사망사고 비중이 높은 모기업(원청) 사업장 11개의 협력업체는 총 6,460개소인 것으로 나타났다. 이 11개의 원청 사업장 노동자는 92,276명, 협력업체 노동자는 84,519명이었는데, 모기업에서 1명의 사고사망자가 발생했고, 협력업체에서 16명의 사고사망자가 발생한 것으로 나타났다(고용노동부, 2020).

협력업체에서 발생한 사고는 그 원인이 단순히 보일지라도 내부적으로 여러 복잡한 관계가 연결되어 있을 수 있다. 협력업체 자체의 문제보다는

모기업 또는 다른 사내 협력업체가 연관되어 문제가 발생했을 수 있다. 이러한 협력업체의 사고를 예방하기 위해서는 협력업체에서 발생한 사고를 상세하게 분석한 통계자료와 사고 발생 메커니즘 분석이 필요하지만 이에 대한 연구는 찾아보기 어렵다. 따라서 제조업 사업장의 협력업체에서 발생한 산업재해 실태와 특성을 파악하고, 협력업체에서 발생한 사고사례의 원인 및 특성을 시스템 이론 기반의 분석기법으로 분석하여 사회 기술적인 부분을 포함한 사고발생 메커니즘과 재해예방 방향을 제시하고자 하였다.

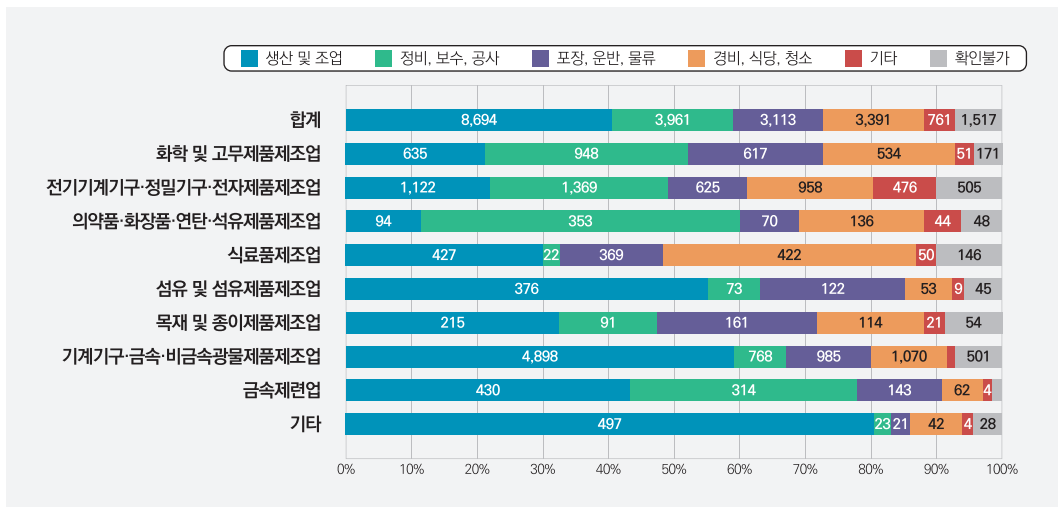
II. 연구내용

안전보건공단에서 수행하는 안전보건 공생협력 프로그램¹⁾에 참여한 모기업과 그 협력업체 자료를 기반으로 제조업 사업장의 협력업체 관련 현황 및 재해현황을 분석하였다. 그리고 화학제품제조업과 금속제련업에서 협력업체가 정비보수작업 중에 발생한 사고의 원인을 시스템적인 방법으로 분석하여 표면적으로 나타난 사고원인 외에 모기업과 협력업체의 관계에서 발생하는 구조적인 문제점을 제시하였다.

제조업의 사내 협력업체 관련 현황

2016년부터 2020년까지 안전보건 공생협력 프로그램에 참여한 모기업의 사내 협력업체 수 평균은 7.8개사인 것으로 나타났다. 중업종 기준으로는 금속제련업이 가장 많은 21.1개사였고, 화학 및 고무제품제조업은 6.5개사인 것으로 나타났으며, 대부분 모기업의 규모가 커질수록 평균 사내 협력업체수도 증가하는 경향을 보였다.

안전보건 공생협력 프로그램에 참여한 제조업 모기업의 협력업체를 담당업무별로 구분하면, [그림1]과 같이 생산 및 조업을 지원하기 위한 협력업체(8,694개사)가 가장 많은 것으로 나타났고, 정비·보수작업과 사내 공사를 수행하기 위한 협력업체(3,961개사)가 두 번째였다. 모기업의 중업종을 기준으로 화학 및 고무제품제조업에서는 정비보수를 담당하는 협력업체가 32.1%를 차지하여 가장 높은 비율을 보였다. 금속제련업에서는 생산 및 조업 지원을 위한 협력업체가 44.2%(430개사), 사업장 내 설비의 정비·보수·공사를 위한 협력업체가 32.3%(314개사)를 차지하는 것으로 나타났다. 이와 같이 모기업의 업종에 따라 사내 협력업체가 담당하는 업무에는 차이가 있었다.



[그림1] 안전보건 공생협력 프로그램 참여 사내 협력업체의 담당 업무별 분포(2016~2020년, 모기업 중업종 기준, 단위: 개사)

1) 모기업(원청) 주도로 협력업체(하청)와 함께 수립한 안전보건 공생협력 프로그램에 따라 협력업체에 위험성평가와 기술지원 활동 등 인적/물적 지원을 통해 안전보건을 개선시켜 줌으로써 협력업체 산업재해예방 및 안전보건 관리 수준향상 등, 원 하청 안전보건 격차 해소에 기여하고자 안전보건공단에서 추진하는 사업으로, 전업종의 50인 이상 모기업 및 그 협력업체를 대상으로 함

제조업 사내 협력업체의 산업재해

안전보건 공생협력 프로그램에 참여한 제조업 사업장의 재해율은 [표1]과 같이 모기업과 사내 협력업체가 각각 0.31%와 0.33%로 큰 차이를 보이지 않았지만, 부상자를 기준으로 산출한 사고재해율은 모기업이 0.18%, 사내 협력업체가 0.25%로 사내 협력업체가 높게 나타났다. 사고사망만인율은 사내 협력업체가 0.48, 모기업이 0.18로 사내 협력업체가 모기업보다 약 2.7배 높은 것으로 나타났다. 특히, 정비·보수·공사를 담당하는 사내 협력업체의 사고사망만인율은 0.65로 모기업의 사고사망만인율보다 약 3.6배 정도 높게 나타났다.

[표1] 제조업 모기업 및 사내 협력업체의 담당 업무별 재해자 현황

구분	사업장 수	근로자 수	재해자 수 (재해율, %)	부상자 수 (사고재해율, %)	사고사망자 수 (사고사망만인율)
제조업 모기업	2,753	2,977,146	9,206(0.31)	5,384(0.18)	54(0.18)
제조업 사내협력업체 소계	15,768	853,302	2,812(0.33)	2,118(0.25)	41(0.48)
1. 생산 및 조업 담당 협력업체	8,694	423,728	1,765(0.42)	1,327(0.31)	24(0.57)
2. 정비, 보수, 공사 담당 협력업체	3,961	216,317	528(0.24)	364(0.17)	14(0.65)
3. 포장, 운반, 물류 담당 협력업체	3,113	213,257	519(0.24)	427(0.20)	3(0.14)

* 2016년부터 2020년까지 안전보건 공생협력 프로그램에 참여한 사업장에 대한 분석 결과임

화학 및 고무제품제조업 모기업의 재해율은 0.85%로 협력업체의 평균재해율 0.15%보다 높은 것으로 나타났고, 사고재해율도 0.51%로 협력업체의 0.1%보다 높은 것으로 나타났다. 금속제련업 사내 협력업체의 평균 재해율, 사고재해율, 사고사망만인율은 모기업보다 상대적으로 높게 나타났다. 정비보수공사 협력업체의 사고사망만인율은 2.24로 모기업 0.61보다 약 3.7배 높은 것으로 나타났고, 재해율과 사고재해율은 약 2배 정도 높게 나타났다. 생산 및 조업 협력업체의 재해율은 0.43%, 사고재해율은 0.24%로 모기업보다 높게 나타났지만, 사고사망만인율은 모기업의 약 1/3 수준인 것으로 나타났다.

사내 협력업체 사고의 시스템적 분석

사고사례의 시스템적 분석을 위해 AcciMap, STAMP-CAST(System Theoretic Accident Model and Processes - Causal Analysis on Systems Theory), FRAM(Functional Resonance Analysis Method) 등을 이용하였고, 업무처리절차를 이용하여 업무흐름에 따른 분석을 수행하였다. 이를 통해 기존의 사고분석 결과에서 제시하지 않은 모기업과 협력업체라는 구조적 관계에서 나타나는 문제점과 조직 외부적인 문제점을 추가로 파악하였고, 모기업과 협력업체별로 사고에 기여한 요인을 제시하였다.

AcciMap과 STAMP-CAST를 이용한 분석결과에서는 기존의 선형적 분석 및 역학적 분석결과에서 나타나지 않았던 법적인 문제점, 안전작업허가 관련 문제점을 추가로 찾을 수 있었고, 모기업의

행위나 결정이 협력업체의 업무수행에 어떻게 영향을 주었는지와 시스템 구성요소 사이의 문제점을 파악할 수 있었다. 그러나 업무의 흐름에 따른 문제점을 제시하기가 어려웠기 때문에 업무처리절차를 이용하여 시간적 흐름에 따라 모기업과 협력업체가 사고에 기여한 요인을 분석하였다. 이를 통해 정비업무 각 단계에서의 업체별 문제점과 사고에 기여한 요인을 체계적으로 제시하고, 사고와 관련된 요인들이 어떻게 사고 발생에 기여하는지 그 메커니즘을 보여줄 수 있었다. 예를 들어, 정비보수를 위한 모기업의 안전조치 요청이 협력업체에 제대로 전달되지 않을 경우 어떠한 문제들이 추가적으로 발생하여 사고로 이어지는지와 작업 전 안전교육이 사고 발생에 어떻게 영향을 미칠 수 있는지를 확인할 수 있었다.

III. 결론 및 정책제언

안전보건 공생협력 프로그램에 참여한 모기업과 그 협력업체 자료를 기반으로 제조업 사업장의 협력업체 관련 현황 및 협력업체의 재해현황을 분석하였고, 협력업체가 정비보수작업 중에 발생한 사고에 대해 기존의 분석결과를 검토하고, 시스템적인 방법을 이용하여 분석하였다. 또한, 업무처리절차를 이용한 분석을 통해 협력업체에서 발생한 사고의 메커니즘을 확인 및 제시할 수 있었다. 이를 통해 사내 협력업체의 사고를 예방하기 위해서는 다음과 같은 사항에 대한 검토나 조치가 필요할 것으로 판단되었다.

- 산업안전보건법 제64조(도급에 따른 산업재해 예방조치)에 모기업이 협력업체의 작업 시기를 조정하고, 작업 전 안전조치를 확인하는 의무를 부여할 필요가 있음을 사고사례 분석을 통해 보여주었다(이 조항은 2021년 11월 19일부터 시행되었다.)
- 모기업이 협력업체에 위험성평가 결과를 제공하거나, 협력업체의 위험성평가 수행을 지원할 수 있도록 하는 내용 또는 위험성평가 결과를 확인하도록 하는 내용과 모기업에서 협력업체에 작업표준을 제공할 수 있는 방안을 산업안전보건법에 반영하는 것을 검토할 필요가 있다.
- 협력업체에서 발생하는 사고를 예방하기 위해서는 모기업과 협력업체가 각각의 역할과 책임을 충실히 수행하는 것도 중요하지만, 모기업과 협력업체가 서로 적절하게 의사소통하고 정보를 교류할 수 있는 시스템을 갖추는 것이 필요한 것으로 나타났다.
- 사고조사 관련 안전보건기술지침에는 시스템적 사고분석 기법을 이용하는 내용은 반영되어 있지 않으므로, 시스템적 사고분석과 관련된 내용을 일부 지침에 반영하거나 새로운 지침을 제정할 필요가 있다.

국내 산업별/직종별 특성과 사망사고 발생 위험 분석(I)



연구책임자

산업안전보건연구원
산업안전연구실 문병두 부장

정부에서는 「사망사고 절반 줄이기」 국정목표 달성을 위해 산업재해예방 정책과 사업을 강화하는 한편, 2020년 1월에는 전부개정 「산업안전보건법」 시행 및 「중대재해처벌법」 제정 등의 노력으로 2020년 사고사망자(882명)는 2017년(964명) 대비 8.5%(82명)가 감소하였으나 사고사망 만인율은 0.47‰로 국정목표(2022년 0.27‰)의 달성이 쉽지 않아 보인다.

이에, 산업·직종별 특성과 사회적 이슈 분석 등을 통해 보다 효율적이고 효과적인 산재예방 정책 방향과 대안 제시가 필요한 상황이다.

I. 서론

산업재해 감소를 위한 정책 강화 및 입법 등 정부와 우리 사회 각계각층의 노력에도 불구하고 2020년 사고사망만인율은 0.47‰로 「사망사고 절반 줄이기」 국정목표(22년 0.27‰) 달성은 쉽지 않아 보인다.

또한, 코로나-19의 대유행으로 온라인 쇼핑과 음식서비스 배달 수요가 급증하는 등 비대면 소비의 일상화가 빠르게 진행되면서 산재 취약계층인 택배 및 배달 노동자가 빠르게 증가하고 있다. 이는 전통적인 사고사망자 다발 영역인 건설·제조업 외에 새로운 사고사망 발생 위험영역의 등장이 가능함을 시사한다.

이에 본 연구는 업종·직종별 산업재해 특성과 사회적 이슈 분석을 통해 사고사망 다발 영역을 파악하고, 현행 제도 및 사업에 대한 고찰을 통해 보다 효율적이고 효과적인 사고사망 예방정책 방향과 대안을 제시하고자 하였다.

II. 연구내용

분석을 통한 연구 분야 선정

업종별 업무상 사고사망 및 사회적 이슈 분석을 기반으로 4가지 분야를 연구대상으로 선정하였으며 그 이유는 아래와 같다.

첫 번째 ‘선박 및 건조업’은 지난 10년간 제조업 중 누계 사고사망자수와 사고사망만인율이 높은 3개의 소업종 중에 하나로서 최근 3년간 사고사망만인율이 급격하게 증가하고 있다. 두 번째 ‘공장·창고 신축 및 보수공사’는 최근 5년간 건설업 중대재해조사 보고서를 분석한 결과 떨어진 재해가 다발하는 공사종류였다. 세 번째 ‘환경미화원’은 서비스업에서 사고사망자가 가장 많이 발생하였다. 마지막 ‘이륜차 배달 플랫폼 산업’은 코로나-19 대유행에 따른 비대면 소비의 일상화로 플랫폼을 기반으로 한 ‘이륜차 배달원’의 교통사고 사망이 사회적 이슈로 부각되고 있다.

분야별 특성과 사고예방을 위한 제언

(1) 선박건조업

선박건조업은 해운업의 국제경기, 교역량 등에 따라 업황이 변하며, 생산 자동화가 어려운

노동집약적 산업으로 인건비를 절감하기 위해
노무제공형의 다단계 하청구조를 가지고 있다.
또한 제조업과 건설업의 위험요인을 모두 가지고
있으며 작업 혼재가 빈번하게 발생하는 고위험
업종이다.

2010년대 긴 기간 불황을 겪었으나 최근에는
국제해사기구(IMO)에서 발표한 각종 환경규제로
신조 발주가 증가하고 있어 신규 진입하는 인력의
증가와 함께 사고사망 등 산업재해도 증가할 것으로
예상된다.

이에 본 연구는 산업구조 및 특성, 산업재해 통계,
국내·외 재해예방 정책 및 제도 등의 분석을 통해
일용직 및 하청 노동자에 대한 기초 안전보건교육
제도 도입, 도급계약 시 사내협력사의 안전보건능력
평가를 위한 지표 마련, 선종 및 생산단계별 확보
되어야 할 적정 공기 기준 마련, 안전보건조정자 선임
의무화, 산업안전에 국한한 원청의 감독 및 시정요구
권한 부여, 조선업 고유특성을 반영한 안전기준 마련
등의 정책적 방안을 제시하였다.

(2) 공장·창고 신축 및 보수공사

최근 5년간 건설업 중대재해 보고서 기준으로
공장·창고 공사의 떨어짐 사망재해(110건)를
기인물별로 분석한 결과, 철골 구조물 38.2%(42명),
지붕 34.5%(38명), 고소작업대 14.6%(16명),

선라이트 12.7%(14명)로 나타났다. 그 중,
철골작업과 지붕작업에서 발생한 사망재해의
안전 시설물 설치 실태를 보면 안전대 부착설비와
추락방호망이 대부분 설치되지 않았거나 미흡하게
설치된 것으로 분석되었다.

따라서 떨어짐 재해를 예방하기 위해서는 국내
실정에 맞는 철골용 및 지붕용 안전대 부착설비의
성능기준을 마련하여 관련 고시 및 기술기준의
제정이 필요한 것으로 판단된다. 더불어 지붕
작업의 안전성 확보를 위해 지붕재 제조 시 안전대
부착용 앵커를 설치하고, 깨지기 쉬운 지붕재는
격자형 금속망을 사전에 시공하는 등의 작업방법
개선도 필요하였다. 또한, 철골공사의 생애주기별
체계적인 안전관리를 위해 안전시설에 대한
성능기준을 도급내역서 등 설계도서에 반영하고
시공 여부를 철저히 확인할 것을 제안하였다.

(3) 환경미화원

환경미화원은 가로청소 및 생활계 폐기물을
수집·분류·운반하는 업무에 종사하는 근로자로서
지자체 소속이거나 지자체와 위탁계약을 체결한
민간업체 소속으로 구분될 수 있다. 지자체 소속은
주로 가로 청소업무에 종사하는 반면, 민간위탁
환경미화원은 생활 폐기물, 재활용품, 음식물 쓰레기
수집·운반 등 위험성이 높은 업무에 종사함에 따라



산업재해 발생 위험이 높았다.

정부는 2018년 환경미화원의 근로환경 개선을 위해 청소차량 안전장치 부착, 주간작업 및 3인 1조 작업 원칙 등 관련 제도 개선과 기술 대책을 제시하고, 환경미화원 안전작업 지침 배포 및 지방자치단체 합동평가를 통하여 정책의 실효성을 높이고자 하였다. 그러나 평가지표의 재해예방 실효성이 미흡한 것으로 분석되었으며 일부 지방자치단체의 경우, 조례 제정을 통한 작업 원칙 예외 허용, 100리터 이상의 대용량 봉투 사용 등 제도적 미비점이 있는 것으로 확인되었다.

이에 지방자치단체 환경미화원 근무환경 합동평가의 복원 및 정량적 평가지표로의 변경이 필요하며, 주간작업 및 3인1조 작업 예외 규정을 엄격히 제한하도록 관련 법령을 개정할 것을 제안하였다. 또한 재활용품 수집운반 차량 위에서의 떨어짐을 예방할 수 있는 장치 설치의 의무화도 필요한 것으로 판단되었다.

(4) 이륜차 배달 플랫폼 산업

지난 5년간 이륜차로 인한 재해의 직종은 배달원이 59.3%, 퀵서비스기사가 30.4%를 차지하였으며, 퀵서비스기사의 재해는 연평균 62.7%의 증가세를 보였다. 재해자의 근속기간은 6개월 미만이 79.9%, 20~30대가 56.8%를 차지하였다.

이에 본 연구는 라이더의 안전보건 현황을 파악하기 위하여 수도권 지역 라이더 400명을 대상으로 사고경험 및 보호구, 정책 필요성 등 6개 항목에 대한 설문조사를 실시하였다. 또한 이륜차 배달 플랫폼 산업 구성원을 대상으로 안전담당 조직 및 규정, 사고 및 법규위반 등 9개 항목에 대한 심층면접을 실시하고 다음과 같은 정책 개선방안을 도출하였다.

먼저 배달원의 안전을 확보하고 사고를 예방하기 위해서는 관련 산업 및 종사자 규모를 제대로 파악할 수 있는 제도적 장치를 마련하고 플랫폼사의 안전 전담 조직 신설 등 안전기능의 강화, 플랫폼사 안전인증제 및 배달대행업체 등록제 도입 등 산업의 체계화, 배달제한시간 등 배달 알고리즘의 합리적 개선 및 빠른 배달정책의 지양 등이 필요할 것으로 파악되었다. 또한 산업안전보건법의 현장 작동성과 안전조치 강화를 위해 배달시간 제한 금지 대상에 음식점주를 포함하고, 부업 배달원이 산업안전보건법의 적용대상에서 제외될 우려가 없도록 특수형태근로종사자의 전속성 요건에 대한 검토, 가슴 보호대 착용 의무화 등에 대한 제도적 개선과 함께 일부 안전조치에 대해서는 이행기준의 제시가 필요할 것으로 분석되었다. 또한 정기 안전보건교육 등 안전교육 제도의 강화와 교육의 실효성 확보, 라이더 보호를 위한 안전보건공단의 재해예방 서비스의 확대 등도 필요한 것으로 보인다.

III. 결론 및 정책제언

각 연구 분야에 대한 산업구조와 특성, 네트워크 구조, 산업재해 분석, 안전에 관한 실태, 국내·외 재해예방 제도 및 정책 등에 대한 다차원적인 심층 분석 결과는 향후 산재예방 정책 수립의 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

또한 상기의 분석 및 조사결과를 토대로 하여 본 연구에서 제시한 산재예방 방안 및 제언은 해당 분야의 법·제도 개선이나 정책 및 사업의 방향성 설정에 참고할 수 있을 것으로 생각된다.

더불어, 제안한 내용 중 구체화가 필요한 일부 정책 방안들은 보다 심층적인 조사·분석이 필요하므로, 후속 연구과제의 선정에도 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

폭발위험장소에서의 ICT설비의 활용실태 및 폭발 위험장소 설정기준 개선방안



연구책임자

산업안전보건연구원
산업안전연구실 한우섭 부장

국내 화학공장은 화학물질 취급 및 사용 중에 누출로 인한 화재폭발사고가 반복되어 발생하고 있는데, 최근 ICT(Information & Communication Technology)설비 등의 발전을 통한 안전관리와 생산 효율성의 수요가 증가하고 있다. 그러나 ICT설비는 대부분 비방폭기기로서 제품 사용 중에 점화원이 될 수 있기 때문에 도입이 쉽지 않은 상황이다. 또한 관련 KS지침 및 KOSHA GUIDE에서의 세부 기준에 대한 개선이 요구되고 있다. 그러므로 비방폭기기의 안전한 사용을 위해서는 세부적인 폭발위험장소 설정기준을 확립하여 폭발위험장소에서의 ICT설비의 활용을 촉진할 필요가 있다. 본 연구에서는 국내외 ICT설비의 활용 실태, 국외 폭발위험장소 기준 및 제도를 조사하고 폭발위험장소 구분을 위한 현실적인 방폭구역 설정 기준을 검토하여 개선대책을 제공하였다.

I. 서론

화학물질의 누출특성은 조건에 따른 영향이 크기 때문에 누출형태, 적정 환기량, 압력조건 등의 다양한 변수에 대한 검토가 필요하며, 이러한 세부 기준은 현행의 KS지침 및 KOSHA GUIDE 등에서는 충분하지 않은 것이 현실이다. 산출된 폭발위험장소의 주 범위, 누출형태를 고려한 2차 폭발위험범위 및 소량의 누출원에 대한 누출특성과 폭발위험장소 구분 기준이 명확하지 않다는 문제가 존재하고 있다. 또한 공정위험요인 관리 등에서는 기존 설비를 대체하는 ICT설비가 개발되고 있지만 대부분 비방폭형이므로 안전한 사용을 위해서는 정확하고 세부적인 폭발위험장소 설정 기준이 요구되고 있다. 국내외 폭발위험장소에서의 ICT설비의 활용실태 조사 및 국외 폭발위험장소

설정과 관련된 위험도 구분 등의 현황을 조사하여 ICT설비의 안전한 사용방안을 검토하였으며 화학물질 누출특성을 고려하고 ICT설비의 안전한 사용 등에 관련하여 폭발위험장소 관리를 위한 개선방안을 제시하였다.



II. 연구내용

국내외 ICT설비의 폭발위험장소에서의 설정 사례 실태 조사

국내외 폭발위험장소의 ICT설비 사용 실태조사를 통하여 조사 대상 선진국(영국, 미국, 캐나다 등)에서는 비방폭 전기기기를 사업주의 책임 하에 폭발위험장소(Zone 2 ; 정상상태에서 폭발 위험분위기가 존재하지 않거나 단기간 존재하는 장소)에서 사용하고 있으며, 또한 모바일 전자기기는 인증시험기관에 의해 방폭기기로서 인증된 경우에만 폭발위험장소에서 사용이 가능하였다. 또한 캐나다 전기코드(Canadian Electric Code : CEC)에서는 “Zone 2의 비방폭전기기기 사용 허용조건”에 대해서 상세히 규정하고 있으며, 사용 목적에 적합한 특정 기기를 사용할 수 없거나, 일반적인 사용에 있어서 해당 전기기기가 폭발가스분위기에서 착화 가능한 아크, 스파크, 고온 표면이 발생하지 않으며, 또한 해당 위험장소가 가연성가스 감지 시스템에 의해 지속적인 모니터링이 이루어지는 경우에 사용 가능하다고 규정하고 있다.

국외의 폭발위험장소 설정과 위험도 구분 관련 제도, 지침 등의 현황 조사설정 사례 실태 조사

일본에서는 “공장전기설비 방폭지침-국제 정합기술지침(제1편 JNIO SH-TR-46-1:2015)”에 따라 해당 전기기계기구가 정격전압 등의 기준값(1.5V, 0.1A, 25mW)보다 작은 경우에는 일본 노동안전위생법 규칙 제280조(폭발위험장소에서 사용되고 있는 전기기계기구에 적용하지 않는 것으로 조사되었다. KS C IEC 6079-10-1(2015) 기준에서 규정하고 있는 “무시할 수 있는 범위의 구역(Negligible Extend ; NE)”의 판정 기준에 대해서는 폭발과압의 노출로 인한 피해영향을 무시할 수 있는 안전기준인 2.1 kPa 이하, 그리고 복사열 기준은 액면화재에서는 2.3 kW/m², 유증기폭발 및 비등액체 증기폭발(Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion ; BLEVE) 등의 파이어볼의 경우에는 11.6 kW/m²을 적용하는 방안을 제안하였다.



폭발위험장소의 구분 및 판정에 대한 기준의 조사

영국의 방폭규격(EI 15:2005)에서는 인화성액체의 저장설비에서 누출량에 따른 폭발 위험장소 구분의 기준값을 제시하고 있는데, 기체(1기압 환산값), 액화가스, 인화성 액체에 대해서 옥내의 경우에는 50, 5, 25 L이며 옥외의 경우에는 1000, 100, 200 L로 규정하고 있다. KSC IEC 60079-10-1:2015 및 NFPA 497 기준에서는 소량의 위험물질을 취급하는 폭발위험장소구분에 대한 구체적 기준이 없는데, API RP 505 및 EI 15에서는 다양한 취급 상황과 취급하는 물질의 양에 따른 기준을 제시하고 있다. 소량 누출원이 존재하는 위험장소에서 비방폭 전기기기를 사용할 때에는 폭발위험이 존재하는 범위가 좁고 지속시간이 짧은 경우에는 누출원의 주변 환경을 가스 감지기 등을 활용하여 감지하는 것이 필요하다. 또한 폭발성 가스의 농도가 폭발하한농도(Lower Flammable Limit; LFL)의 25% 이하의 경우에는 가스 감지기와

연동을 갖게 하는 조건에서 비방폭 전기기기는 비정상작업과 같이 단시간의 사용이 가능할 것으로 판단된다. 영국 HSE의 R630코드에서는 옥외에서 가스누출률이 1 g/s인 경우에 LFL의 50%에 해당되는 체적(0.1 m³)으로 제시하고 있으며 과도하게 혼잡하거나 제한되지 않는 장소에서 1 g/s 보다 낮은 누출률에서는 비위험장소로 구분하는 가능하다고 규정하고 있으며, 이와 같은 기준에서 폭발시물레이션의 검토 결과를 통해서 인적피해 영향이 무시 가능한 수준임을 확인할 수 있었다. R630의 규정은 KS C IEC 60079-10-1:2015에서 규정하는 화학물질의 누출특성이 KS기준 그래프의 하한값 미만에서 폭발위험장소 범위를 결정할 수 없는 문제에 대한 개선방안이 될 수 있을 것으로 판단된다.

III. 결론 및 정책제언

국내의 폭발위험장소 구분은 주로 IEC 60079-10-1(2015)을 기준으로 평가하고 있는데, 보수적인 폭발위험장소의 구분은 ICT 등의 관련 산업의 발전과 효율적인 사업장 안전관리 개선에 활용할 수 있는 기술개발을 저하시킬 수도 있다는 의견도 있다. 그러나 폭발위험장소에서의 노동자의 인적피해 예방은 중요한 사항이기 때문에 효율적이며 보다 상세한 위험장소의 구분이 요구되고 있다. 국외의 코드 및 규정을 활용하면 IEC 60079-10-1(2015)에서 명확하지 않은 기준의 제도적 보완 방안으로서 적용 가능할 것으로 판단된다. 또한 폭발위험장소 구분에 있어서 특히 2차 누출에 따른 Zone 2와 비방폭구역의 구분 기준이 중요한 문제가 되고 있다. 가스 농도는 누출원을 중심으로 거리에 따라 감소하기 때문에 가연성 혼합기의 농도가 어느 정도 확산되어 있는지를 추정할 수 있다면 화재폭발에 의한 피해 예측과 저감대책이 가능해진다. 현재까지 누출 가스의 플래쉬 화재에 대한 복사열 영향의 추정 모델은 정확성이 낮기 때문에 누출가스 확산에 따른 폭발범위 형성 유무를 통해서 피해영향 평가를 실시하여 폭발위험장소 구분에 활용되고 있다. 누출 가스 등이 공기 중에 확산되는 경우에는 점화원에 의한 착화 위험성이 문제가 되므로 폭발하한농도의 형성 유무가 중요해진다. 폭발시물레이션에서 많이 사용되고 있는 가스확산 모델에서 계산 가능한 가스농도는 시간평균에 따른 농도로서 실제로 확산된 가스농도는 시간평균농도의 0.5~2배의 범위에서 변하는 것으로 알려져 있는데, 이는 가스농도가 폭발하한농도의 50 %에서도 화재폭발이 일어날 수 있으며 열복사에 의한 피해 영향도 함께 나타날 수 있음을 의미하고 있다. 따라서 폭발위험장소 구분을 위한 효율적인 사전 평가를 위해서는 가스 등의 누출에 따른 가연범위 추정을 통해 과압분포 및 열복사의 피해 영향을 함께 조사하는 것이 중요하다. 이를 위해 본 연구에서는 폭발과압 안전기준(2.1 kPa 이하)과 복사열 안전기준(액면화재 ; 2.3 kW/m², 유증기폭발 등의 파이어볼 ; 11.6 kW/m²)을 함께 검토하는 방안을 제시하였으며 비용대효율을 고려한 폭발위험장소 구분에 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

컨베이어 끼임 사망사고 감소 안전성 향상 방안 연구



연구책임자

산업안전보건연구원
산업안전연구실 박장현 과장

2016년부터 5년간 컨베이어에서 발생한 사고사망자수는 52명이다. 컨베이어가 2012년에 자율안전확인신고와 2017년 안전검사 대상으로 법제화 되었음에도 불구하고, 사고사망 감소는 답보 상태이다.

이에, 컨베이어 사고사망자 감소를 위해 사고 원인 및 현행 제도의 미비점 분석과 이해 관계자의 의령 수렴 등을 통해서 재해 예방 대책을 제시하고자 하였다. 특히, 2016~2020년 컨베이어 사고사망자의 76%, 사고부상자의 82%를 차지하고 있는 벨트 컨베이어를 중심으로 심층 연구를 수행하여 기술적, 제도적 대안을 우선적으로 제시하고자 하였다.

I. 서론

2018년 국내 모 발전회사에서 발생한 컨베이어 사고가 최근까지도 이슈가 되고 있다. 2020년 컨베이어에서 발생한 사고사망자수는 10명이며, 2016년부터 5년간 컨베이어에서 발생한 사고사망자수는 총 52명으로 이는 같은 기간 동안 전체 산업 끼임 사고사망자 521명의 10%에 육박하는 수치이다.

한편, 컨베이어 사망사고 감소를 위해 컨베이어가 2012년 1월 자율안전확인신고 대상에 추가되었고, 2017년 10월부터는 안전검사가 실시되고 있다. 그럼에도 불구하고 2016년부터 5년간 사고사망자수 감소는 정체되어 있는 상황이다. 앞서 사고사망자 52명 중 벨트 컨베이어에서 37명(76%)의 사망자가 발생하여 가장 비중이 높았으며, 사고부상자 역시 벨트 컨베이어에서 가장 많은 423명(82%)이 발생하였다.

이에 전체 산업 끼임 사고사망자의 10%를 차지하고 있는 컨베이어에 대해 사고 원인 및 현행 제도의 미비점 분석과 다양한 이해 관계자의 의견

수렴을 통해 실효성 있는 재해 예방 대책 마련이 시급하다. 특히 컨베이어에서 발생한 사망사고의 대부분을 차지하고 있는 벨트 컨베이어에 대한 심층 연구를 통해 사고 예방을 위한 기술적, 제도적 대안 제시가 우선적으로 필요하다.

II. 연구내용

컨베이어 관련 국내·외 안전기술기준

국내 컨베이어의 65%는 벨트 컨베이어로서, 자율안전확인신고와 안전검사 고시, KS, Kosha Guide 및 해외 기준인 EN619:2002¹⁾, ASME(B20.2):2015²⁾에서 벨트 컨베이어를 중심으로 안전기술기준을 비교 분석하였다.

주요 시사점은 사망사고가 주로 발생하는

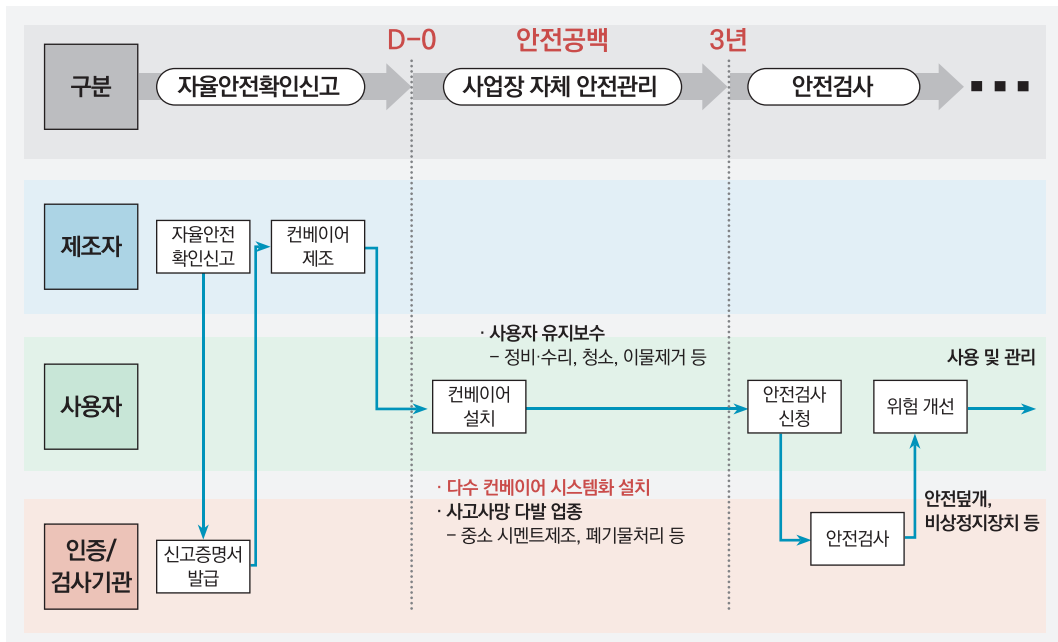
1) Continuous handling equipment and systems - Safety and EMC requirements for equipment for mechanical handling of unit loads (European Standard)

2) Safety Standard for Conveyors and Related Equipment (ASME)

수리·점검·청소 등 비정형작업 시 끼임사고 예방을 위한 수용성이 높은 기술기준은 전반적으로 미흡한 것으로 분석되었다. 그러나 EN 규격에서는 비상정지기능은 방호장치를 대신할 수 없도록 하고 있으며, 재기동 전 경보음(일정시간)을 울린 후 기동되고, 수리·청소 등 비일상 작업 시 안전을 위해 감속기 설치 등 실용적인 안전기준을 마련하고 있다. 현장 여건에 적합하도록 재기동 전 일정시간 경보음을 울리게 하고, 초저속 작동 기술 적용 등이 필요하며, 풀코드스위치¹⁾를 설치한 경우에도 덮개, 울 등 방호장치를 설치하도록 하는 등 EU 규격을 준용하여 국내 기준의 개정 검토가 필요할 것으로 판단된다.

컨베이어 관련 국내·외 안전인증제도

컨베이어 관련 인증제도를 운영 중인 주요 국가는 EU, 영국이다. EU는 CE인증제도를 운영 중이며, 영국 또한 CE인증과 유사한 방식으로 UKCA(UK Conformity Assessment, 영국 적합성평가)제도를 운영하고 있다. 한편 국내 컨베이어 관련 제도는 2012년 1월부터 자율안전확인신고, 2017년 10월부터 안전검사 제도가 운영 중이다. 안전검사제도 시행 후 제조업, 운수·창고·통신업에서 컨베이어에 기인한 사고재해자 수가 감소한 것으로 나타났다. 컨베이어는 제조자, 설치자, 사용자가 상이하고, 자율안전확인신고 후 현장 설치 시 별도의 안전확인 절차가 없으며, 다수의 컨베이어가 설치될 경우 컨베이어 간 연결 부위의 끼임점 등에 대한 안전성 확인이 어렵다. 또한 [그림1]과 같이 현장 설치 후 3년이 경과한 시점에 최초 안전검사를 받고 있어, 사망사고 비중이 높은 설비임에도 불구하고 3년 간의 안전 공백이 발생하고 있다.



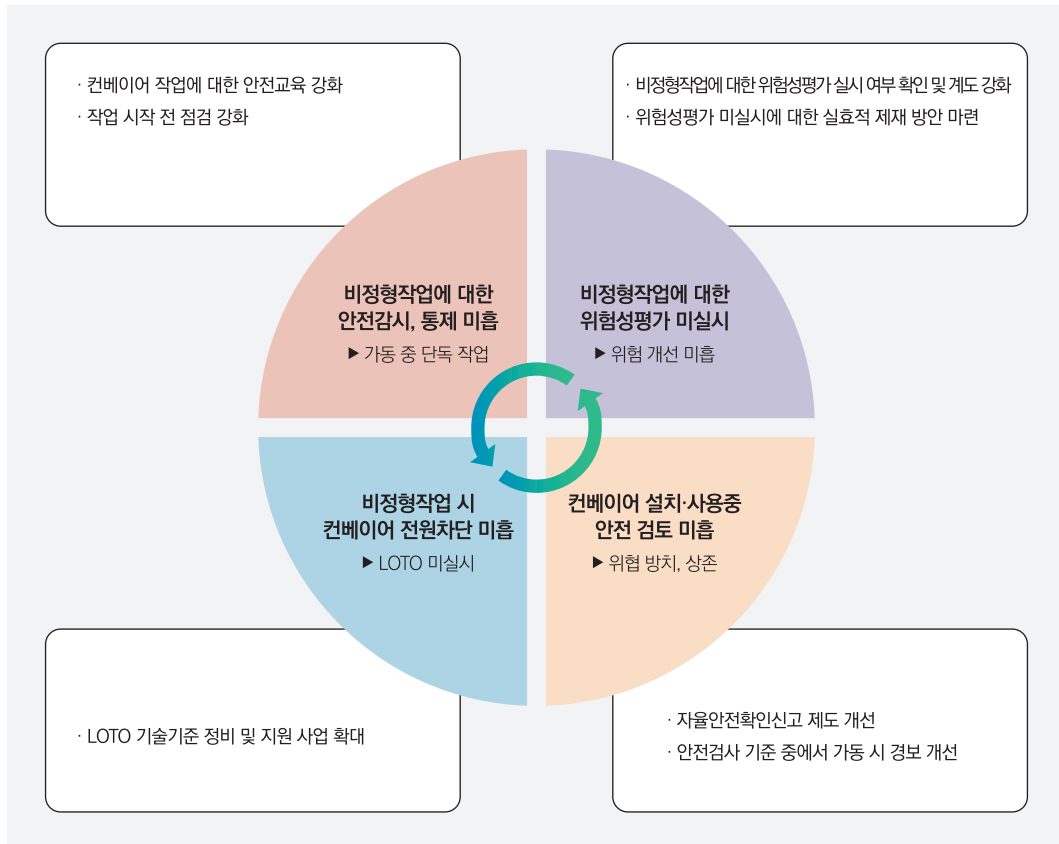
[그림1] 컨베이어의 설치 및 유지관리 형태

1) Pull Cord Switch, 코드를 임의 방향으로 당겨서 동작하는 비상정지스위치의 한 종류

사고사망 심층 분석 및 시스템적 원인분석

2017년~2020년 제조업 사고사망자 29명에 대한 심층분석 결과, 점검·제거·청소작업 중 16명(55%), LOTO(Lock Out Tag Out) 미실시로 인한 재해가 24명(82%), 단독작업 중 사고사망이 24명(83%), 가동 중인 상태에서의 재해가 25명(86%)으로 나타났다. 현장과 멀리 떨어진 조종실에서 원격제어를 하고, 빈번한 점검·이물 제거·청소 등을 고려할 경우 근로자에게 불시로 가해지는 위험 회피를 위해서 LOTO 시행이 필수 불가결 요소이며 명확한 LOTO 이행 절차가 필요하다.

또한 시멘트제조, 폐기물처리, 금속제련 5개 사업장의 벨트컨베이어 사망사고 재해를 AcciMap¹⁾을 사용하여 시스템적으로 사고원인을 분석하였다. 이러한 시스템적 분석을 통해 재해조사 의견서의 예방대책 대비 상위계층인 사회, 정부, 규제기관 등이 주체가 되는 대책을 도출하였다. 시스템적 사고분석을 통한 주요 사고원인과 안전성 향상 방안은 [그림2]와 같으며, 주로 비정형작업에 대한 위험성평가 강화, 컨베이어 설치 시 안전검토 강화, 안전검사 기준 개선, 비정형작업 시 LOTO 적용 등으로 구분해 볼 수 있다.



[그림2] 시스템 원인분석을 통한 안전성 향상 방안

1) Accident Map, 사고 관련 정부·규제기관·기업·관리자·직원·작업의 상호작용을 분석할 수 있는 시스템 기법

실태조사 및 전문가 회의 결과

이론적 고찰, 산업재해 분석 등을 토대로 벨트컨베이어 사용 8개 사업장 대상 실태조사, 생산·안전·공무 작업자 대상 FGI(Focus Group Interview)를 병행 실시하였다. 안전개선 방안, 실태조사 결과 등의 타당성 검증을 위해 검사기관, 제작업체, 기계전문가 등과 함께 전문가 자문회의를 실시하였다. 실태조사, FGI 및 전문가 자문회의 등을 통해 파악한 컨베이어 생애주기별 현장실태는 다음과 같이 정리할 수 있다.

첫 번째로 컨베이어 사용자는 발주단계에서 비용상의 문제로 컨베이어 제조자에게 최소한의 안전기능만 요구하고 있었다.

두 번째로 컨베이어 제조자는 설계단계에서 안전제어시스템을 고려하고 있지 않으며, 컨베이어

사용자는 컨베이어가 현장에 조립형태로 납품되어 자율안전확인신고 기준과의 부합여부를 확인할 수 없는 상황이었다.

세 번째로 설치단계에서는 제작과 설치의 이원화로 인해 안전상의 문제가 발생할 수 있으며, 방호조치 및 안전장치 등의 설치 적정성 확인이 불가하였다.

네 번째로 자율안전확인신고 이후 최초 안전검사까지는 안전관리 수단이 부재하여 설치·사용단계에서의 적정성 확인이 불가하였다.

마지막으로 사용단계의 유지보수 과정에서는 위험성평가, 작업시작 전 점검 및 LOTO 등 안전 조치의 실행성이 낮음을 확인하였다.

III. 결론 및 정책제언

컨베이어 안전성 향상을 위해 관련 자율안전확인신고 및 안전검사 등 안전기술기준의 보완이 필요하다. 첫 번째로 풀코드스위치 설치 및 정상 작동 시 덮개, 울 등에 대한 설치 예외 조항에 대한 개선이 필요하다. 두 번째로 자율안전확인신고 제도 시행 전에 설치된 컨베이어의 통로 폭, 난간 설치 예외 조항에 대한 개선이 요구된다. 마지막으로 기동예고 경보장치의 출력 시간 등에 대한 구체적인 기준 제시가 필요할 것으로 판단된다.

안전검사기준의 보완과 별개로 설치단계에서의 안전성 확보를 위해 컨베이어를 안전인증대상으로 편입을 적극적으로 검토해 보아야 한다. 또한 사망사고의 대부분을 차지하고 있는 비정형작업에 대한 위험성평가 활성화를 위해 관련 사업 추진 시 이행 확인 및 제도 강화가 요구된다. 그리고 불시에 가해지는 위험 감소를 위해 LOTO 관련 기술지침의 개정 및 관련 지원사업의 강화가 필요하다. 마지막으로 사망사고 비중이 높은 벨트 컨베이어 작업을 특별교육 대상 및 관리감독자의 유해위험 방지 업무에 포함하는 것에 대한 추가 검토가 필요할 것으로 판단된다.

OSHRI : About

01. 텍스트마이닝을 활용한 산업안전보건 분야 트렌드 분석 및 연구과제주제 분석

OSHRI:About은 산업안전보건연구원에서 수행하는 연구 외 전문활동을 소개합니다.



텍스트마이닝을 활용한 산업안전보건 분야 트렌드 분석 및 연구과제주제 분석



연구책임자
경북대학교
통계학과 유진경 연구원

과제 배경

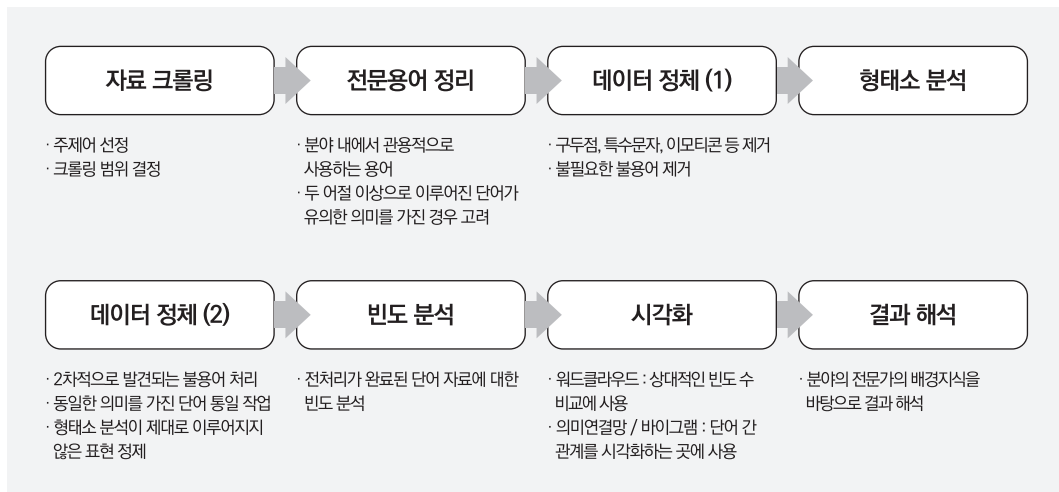
전자기기의 발달과 스마트 기기의 보급으로 대량의 데이터가 구축되고 이를 활용하려는 다양한 시도들이 진행되고 있다. 수집된 데이터는 정형 데이터보다는 비정형 혹은 반정형 데이터 형태로 수집되는 경우가 많은데, 비정형 데이터로부터 유용한 정보를 바로 얻어내기란 쉽지 않다. 따라서 이러한 비정형 데이터로부터 실질적으로 활용 가능한 정보를 추출하는 작업은 필수적이며 다양한 분석법들이 각광을 받고 있다.

그 중에서도 텍스트 데이터는 우리가 일상적으로 접할 수 있는 형태의 데이터 중 하나로서, 서적, 뉴스 기사를 포함하여 타인과 주고받는 문자 메시지 또한 포함된다. 텍스트마이닝 분석은 대량의 텍스트를 수집하여 데이터베이스를 구축하고 주요 의미를 내포하고 있는 단어들을 추출하여 정보 및 지식을 쌓을 수 있는 기법이다. 이 기법은 방대한 텍스트 데이터가 가지고 있는 정보를 추출하며, 크게 정보 추출, 자료 채굴, 자료로부터 지식 발견 과정의 세 가지 관점으로 나눌 수 있다.

본 과제는 텍스트마이닝 분석을 통해 2021년의 산업안전보건 관련 이슈 및 트렌드를 분석하고(이하, 트렌드 분석) 산업안전보건연구원에서 수행된 연구과제 주제를 분석(이하, 연구과제 분석)하는 것을 목표로 하였다. 트렌드 분석은 '2021년의 산업안전보건 관련 뉴스 기사'와 '기사 댓글'을 대상으로 하며, 연구과제 분석은 '연구과제명'과 '연구요약문'을 활용하여 진행되었다.

작업 순서도 및 세부 과정

본 과제는 'R 프로그램'을 활용하여 진행되었으며 작업 순서도는 [그림1] 과 같다.



[그림1] 본 연구에서 진행된 텍스트마이닝 분석 순서도

(1) 자료 크롤링

분석할 텍스트 자료를 모으는 작업이다. 블로그, 뉴스 기사 등과 같은 웹페이지, SNS 글, 텍스트 인식이 되는 PDF 파일 등이 그 대상이 될 수 있으며, 일반적으로 텍스트마이닝의 예제로서 네이버와 같은 포털 사이트의 뉴스 기사 크롤링이 제시되고 있다. 본 과제에서는 뉴스 기사, 뉴스 댓글, PDF 파일이 자료로 활용되었다. PDF 파일의 경우 텍스트 인식이 되지 않는 파일의 경우 OCR 기능을 활용하여 변환 후 자료로 활용하였다. 뉴스 기사 및 댓글은 크롤링 할 키워드, 기간, 수집할 기사의 수를 지정하여 진행하였다.

(2) 전문용어 정리

텍스트마이닝은 문자를 분석하여 어간, 혹은 단어만을 추출한다. 이러한 원리로 인해 띄어쓰기가 되어있으면 분석자에게 유의미한 단어에도 분할되어 무의미한 단어로 산출될 수도 있다. 예를 들어, 2021년 산업안전보건 분야에서 주목을 받았던 ‘청소노동자의 경우, 기사마다 사용하는 단어가 ‘청소 노동자’, ‘청소용역’, ‘청소 용역업체’ 등으로 나뉠 수 있으며, 댓글의 경우 ‘청소부’, ‘청소아줌마’ 등으로 나타나고 있음을 확인할 수 있었다. 이러한 경우는 ‘청소노동자’로 통일하지 않으면 같은 대상을 지칭하고 있음에도 빈도수가 ‘청소’, ‘노동자’, ‘용역업체’, ‘청소부’ 등으로 나누어져 올바르게 확인하기가 어렵다. 따라서, 해당 분야에서 통념적으로 띄어쓰기 없이 붙여 쓰는 합성어나 원칙적으로 띄어 써야 하는 단어를 정리하여 하나의 단어로 분석할 수 있도록 정제하는 과정을 거쳐야 한다. 아래의 [표1]은 기사와 댓글 데이터에서 정리된 용어이다.

[표1] 정리한 전문용어 및 관용어 목록

	변경 전	변경 후		변경 전	변경 후
1	쿠팡	쿠팡사	13	청소아주머니	청소노동자
2	야근수당	야간근무수당	14	청소여사	청소노동자
3	야근수당	야간근무	15	청소원	청소노동자
4	마루타	임상시험	16	택배기사님	택배기사
5	산안법	산업안전보건법	17	택배기사들	택배기사
6	산업안전법	산업안전보건법	18	택배노동자	택배기사
7	야근	야간근무	19	택배맨	택배기사
8	원청	원청업체	20	택배업체	택배사
9	재해법	중대재해처벌법	21	택배직원	택배기사
10	청소부	청소노동자	22	택배회사	택배사
11	청소용역	청소노동자	23	택배	택배업
12	청소부	청소노동자	24		

(3) 1차 데이터 정제

- 1) 사전에 정리한 전문용어 목록에 맞춘 단어 치환 작업을 비롯하여 형태소 분석기와 맞지 않는 문자 제거, 이모티콘 제거, 구두점 제거 등을 수행한다. 여기서 이모티콘을 비롯하여 몇몇 특수문자는 유니코드로 작성되어 육안으로 확인하였을 때는 ‘\U0001F600’처럼 텍스트 형식으로 데이터가 구성되어 있다. 유니코드는 ‘알파벳 제거’, ‘숫자 제거’ 형식으로 제거되지 않으므로 별도의 코드를 작성해야 하는 점을 유의해야 한다.
- 2) 이 과정에서 ‘텍스트의 길이’를 살펴볼 필요가 있다. 형태소 분석기는 JAVA를 사용하여 분석을 진행하는데 이때 하나의 데이터가 10,000바이트를 넘어가면 분석기가 오류를 일으킨다. 기사의 경우 띄어쓰기를 지켜 작성이 되기 때문에 이러한 오류가 자주 발생하지 않지만, 댓글의 경우 정리된 표현을 쓰지 않는 경우가 많아 띄어쓰기 없이 작성된 경우 오류를 일으킬 가능성이 있다. 본 분석에서는 이러한 댓글은 제거하고 분석을 진행하였다. 기사의 경우에 드물지만 동일한 오류가 발생할 수 있으므로 함께 고려해주는 것을 권장한다.
- 3) 각 데이터 매체별로 사용되는 기본 단어를 제거한다. 기사 자료의 경우 ‘기자’, ‘무단전재 및 배포’, ‘연락처’를 비롯하여 각 뉴스 매체의 이름을 제거한다. 보고서 자료의 경우 ‘요약문’, ‘서론’, ‘초록’, ‘연구내용’, ‘연구결과’, ‘연구기간’ 등을 제거한다.

(4) 형태소 분석

본 과제의 형태소 분석은 R 프로그램의 한글 자연어 분석 패키지인 ‘KoNLP’를 활용하였다. KoNLP는 Korean Natural Language Processing의 약자를 따온 이름이다. 현재 패키지가 CRAN에서 내려가 있는 상태여서 자동 설치는 어려우나, 아래의 코드로 설치 가능하다.¹⁾

```
install.packages("rJava");rJava::jinit()
install.packages("multilinguer");multilinguer::install_jdk()
install.packages("KoNLP", repos = c("https://forkonlp.r-universe.dev",
                                     "https://cloud.r-project.org"), INSTALL_opts = c("--no-multiarch"))
```

패키지를 통해 수집한 텍스트 자료를 형태소 분석하여 ‘명사’로 분류된 문자열만을 선택하여 ‘단어’, ‘단어가 포함된 글감 번호(글감 번호)’로 구성된 객체를 얻어낸다. 이때 글감 번호는 문장 번호가 아닌 수집된 글감이 기준이다. 즉, 기사 자료의 경우 같은 기사에 포함된 단어는 같은 글감 번호를 가지게 되며, 댓글 자료 또한 하나의 댓글에 포함된 단어는 동일한 글감 번호를 가지게 된다.

1) “KoNLP 설치 방법”. mrchypark. 2021년 6월 1일 수정. <https://mrchypark.github.io/post/KoNLP-설치-방법/>

(5) 2차 데이터 정제

- 1) 미처 고려하지 못한 전문용어가 출현할 수 있다. 이를 재정리해주어야 한다. 다만 이때는 이미 형태소 분석이 완료된 상태이기 때문에 띄어쓰기가 된 단어는 분리되어 형태를 알아볼 수 없으므로 한계가 존재한다. 따라서 1차 데이터 정제에서 최대한 고려해주어야 한다.
- 2) 형태소 분석이 제대로 되지 않은 단어를 정리해 주어야 한다. 조사가 제대로 분리가 되지 않았거나 조사가 분리되면서 알아보기 어려운 단어 등이 포함되어 있다. 전자의 예로 '직원들이', '노동자들이' 등이 있으며 후자의 예로 '감사합니', '같습니', '거리두' 등이 있다. 유의미한 단어들은 정리하여 활용할 필요가 있으므로 '직원들이' 같은 것은 '직원'으로, '거리두' 같은 것은 '거리두기'로 정리하였으며 '같습니'와 같은 것은 활용할 의미를 담고 있지 않으므로 삭제하였다. 이외에도 조사가 분리되지 않은 유의미한 단어들에 대하여 데이터 정제를 진행했다.

(6) 빈도분석

분석할 텍스트 자료를 모으는 작업이다. 블로그, 뉴스 기사 등과 같은 웹페이지, SNS 글, 텍스트 인식이 되는 PDF 파일 등이 그 대상이 될 수 있으며, 일반적으로 텍스트마이닝의 예제로서 네이버와 같은 포털 사이트의 뉴스 기사 크롤링이 제시되고 있다. 본 과제에서는 뉴스 기사, 뉴스 댓글, PDF 파일이 자료로 활용되었다. PDF 파일의 경우 텍스트 인식이 되지 않는 파일의 경우 OCR 기능을 활용하여 변환 후 자료로 활용하였다. 뉴스 기사 및 댓글은 크롤링 할 키워드, 기간, 수집할 기사의 수를 지정하여 진행하였다.

(7) 시각화

- 1) 텍스트마이닝은 빈도분석의 결과를 효과적으로 제시하기 위해 일반적으로 워드클라우드로 결과를 제시한다. 워드클라우드란 단어의 크기로 빈도수를 반영하여 상대적으로 많이 출현한 단어를 명시적으로 표현한다.
- 2) 단어 간의 관계를 파악하기 위해 의미연결망 그림을 그릴 수 있다. 사회관계망분석(SNA)을 기반으로 같은 글에 포함된 단어끼리 관계가 깊다는 가정 하에 단어 간의 관계를 볼 수 있다. 그리고, 빈도수 기준 상위 단어와 다른 단어 간의 관계를 분석한다. 분석에는 네트워크 이론의 중심성(centrality) 척도가 활용된다. 다양한 중심성 척도 중 본 과제에서는 연결 중심성(degree centrality, dC)을 활용하였다. dC는 가장 간단한 중심성 척도로서 한 노드(연결점)에 연결된 모든 엣지(연결선)의 개수로 중심성을 평가한다.¹⁾
- 3) 단어 간의 관계를 파악할 또 다른 수단으로 언어학의 'n그램'을 활용하는 방법이 있다. 어떤 단어와 단어가 연속해 등장할 때 연속하는 단어의 수에 따라 n그램이라 표현하는데, 본 과제에서는 두 단어가 연속해서 등장하는 패턴을 다루는 바이그램(bigram)을 활용하여 일부 결과를 제시하였다.²⁾

1) Zafarani, Reza, Mohammad Ali Abbasi, and Huan Liu. *Social media mining: an introduction*. Cambridge University Press, 2014.

2) "최대한 친절하게 쓴 R로 낱말구름, 의미연결망 그리기(feat.tidyverse, KoNLP)". *kini'n creations*. 2018년 9월 24일 수정. <https://kuduz.tistory.com/1090>

4) 결과 해석산출한 그림을 활용하여 결과를 해석한다. 결과를 해석할 때는 텍스트 자료가 해당하는 분야에 대한 배경지식이 많을수록 많은 의미를 파악할 수 있다.

분석 및 결과

본 과제의 분석은 크게 두 가지 주제로 진행되었다. 하나는 트렌드 분석이고 다른 하나는 연구 과제 분석이다. 각 분석에서 활용한 데이터와 분석결과를 제시하고자 한다.

(1) 트렌드 분석

1) 분석자료

트렌드 분석은 네이버 기사 중 ‘산업안전’, ‘산업안전보건’, ‘산업보건’, ‘안전보건’, ‘산업안전보건법’, ‘산업재해’, ‘산재’, ‘산업재해예방’을 크롤링 기준 단어로 활용하여 수집된 기사와 댓글을 활용하였다. 각 키워드별로 2021년 1월 1일부터 2021년 10월 31일까지의 기간 동안 날짜별로 5개의 웹페이지에 대하여 기사 및 댓글을 수집하였다.

2) 분석결과



[그림2] 기사 및 댓글 자료 분석 후 작성한 워드클라우드

[그림2]는 기사와 댓글 자료를 통합하여 텍스트마이닝 후 빈도수가 4000 이상인 단어를 대상으로 워드클라우드를 그린 결과이다. 시각적으로 두드러지는 단어는 ‘중대재해처벌법’, ‘고용노동부’, ‘택배업’, ‘포스코’, ‘쿠방사’, ‘중대재해’, ‘안전관리’, ‘사망사고’, ‘안전사고’, ‘보건의료’ 등이 보인다. 빈도수 상위 단어 30개와 각 빈도수는 [표2]에 정리하였다.

[표2] 기사 및 댓글 자료 내 빈도수 상위 단어 30개

	단어	빈도수		단어	빈도
1	중대재해처벌법	74,400	16	민노총	21,054
2	고용노동부	59,057	17	아파트	20,942
3	택배업	58,214	18	보건의료	19,019
4	포스코	43,917	19	정규직	18,517
5	사망사고	34,531	20	확진자	16,221
6	중대재해	34,159	21	간호사	16,050
7	쿠팡사	32,593	22	쓰레기	15,626
8	안전관리	31,740	23	부작용	15,181
9	사업주	30,514	24	정치인	14,601
10	사망자	26,372	25	소상공인	14,030
11	전문가	25,647	26	책임자	13,794
12	산업안전보건법	25,082	27	일자리	13,481
13	원청업체	24,916	28	시행령	13,150
14	안전사고	22,789	29	자영업자	12,532
15	코로나	22,095	30	서울대	12,358

결과를 보면 2021년 1월 1일부터 2021년 10월 31일까지 ‘중대재해처벌법’, ‘택배업’, ‘보건의료’ 주제에 대해 많은 관심이 있었음을 확인할 수 있다. 또한 각 주제와 관련한 주제 및 현상들과 연관된 ‘고용노동부’, ‘포스코’, ‘쿠팡사’, ‘원청업체’ 등도 확인할 수 있었다.

(2) KOSHA 연구과제 분석

1) 분석자료

연구과제 분석은 1998년에서 2021년까지 진행된 연구과제명 자료에 대한 분석(이하, 과제명 분석)과 2018년부터 2020년 연구에 대한 연구요약집의 요약문에 대한 분석(이하, 요약문 분석)을 포함한다.

- 과제명 분석은 전체 과제명에 대한 결과와 각 부서별 연구과제명에 대한 결과를 도출하였다. 그리고 전체 부서에 대한 과제명 분석과 요약문 분석은 워드클라우드와 함께 의미연결망과 바이그램(bigram)을 작성하였다.
- 과제명 분석의 워드클라우드 빈도수가 10 이상인 건에 대하여 작성하였다. 과제명 분석의 의미연결망 그림은 빈도수 기준 상위 단어 10개와 최소 1번 이상 등장한 단어를 반영하여 단어 간 관계를 연결하였다. 과제명 분석의 바이그램은 연속해서 나타나는 두 단어 조합 중 빈도수 기준 상위 30개를 반영하여 분석하였다.
- 요약문 분석의 워드클라우드 빈도수가 3 이상인 단어에 대해 빈도수가 10 이상인 건에 대하여 작성하였다. 요약문 분석의 의미연결망 그림은 빈도수 기준 상위 단어 10개와 최소 150번 이상 등장한 단어를 반영하여 단어 간 관계를 연결하였다. 요약문 분석의 바이그램은 연속해서 나타나는 두 단어 조합 중 빈도수 기준 상위 30개를 반영하여 분석하였다.

① 과제명 분석



[그림3]은 전체 연구과제명 자료를 텍스트마이닝 후 빈도수가 10 이상인 단어를 대상으로 작성한 워드클라우드이다. 시각적으로 두드러지는 단어는 ‘화학물질’, ‘개선’, ‘노출’, ‘건설업’, ‘개선방안’, ‘유해성’, ‘노출기준’ 등이 보인다. [표3]은 빈도수 상위 단어 20개와 각 빈도수를 정리한 것이다.

[표3] 전체 연구과제명 자료 내 빈도수 상위 단어 20개

	단어	빈도수		단어	빈도수
1	화학물질	119	11	생물학적	34
2	노출	78	12	유해	34
3	산업안전보건법	64	13	개정	30
4	개선	58	14	기준	30
5	산업안전보건	44	15	실태	29
6	위험성	44	16	구축	28
7	건설업	41	17	산업재해예방	26
8	유해성	38	18	실태조사	25
9	노출기준	36	19	작업환경	25
10	유해물질	35	20	안전보건	24

추가로 각 부서별 연구과제명 분석을 진행하였다. 대상 부서는 산업안전연구실, 산업화학연구실, 안전보건정책연구실, 연구기획부, 해해통계분석팀, 직업건강연구실, 직업환경연구실로 총 7개 부서에 대해 진행하였다.



[그림4] 부서별 연구과제명 자료 분석 후 작성한 워드클라우드

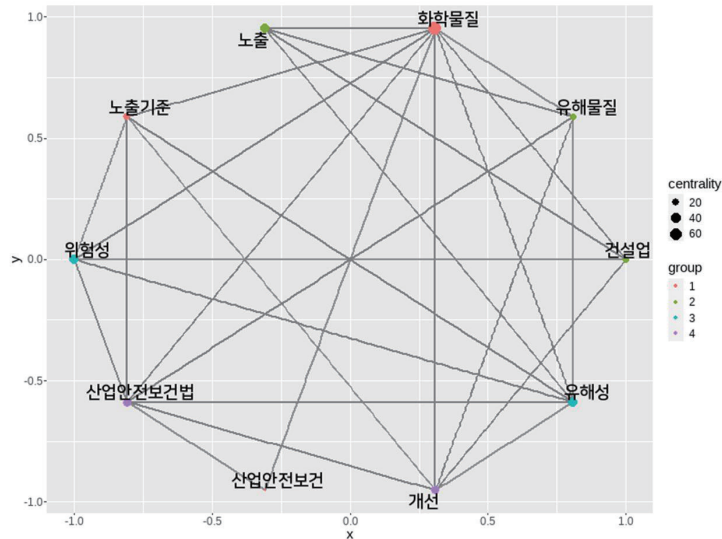
빈도수 10 이상을 기준으로 워드클라우드를 작성하여 ‘연구기획’과 ‘재해통계분석팀’ 부서에 대한 워드클라우드는 작성하지 않았다. [표4]는 각 부서별로 빈도수 기준 상위 5개 단어를 정리한 것이다.

[표4] 부서별 연구과제명 자료 내 빈도수 상위 단어 5개

산업안전연구실			산업화학연구실			안전보건정책연구실		
	단어	빈도수		단어	빈도수		단어	빈도수
1	건설업	24	1	화학물질	77	1	산업안전보건	43
2	안전	19	2	유해성	34	2	산업안전보건법	43
3	재해	19	3	위험성	29	3	안전보건	25
4	안전성	18	4	물질	22	4	사업	15
5	건설	17	5	산업화학물질	20	5	체계	11

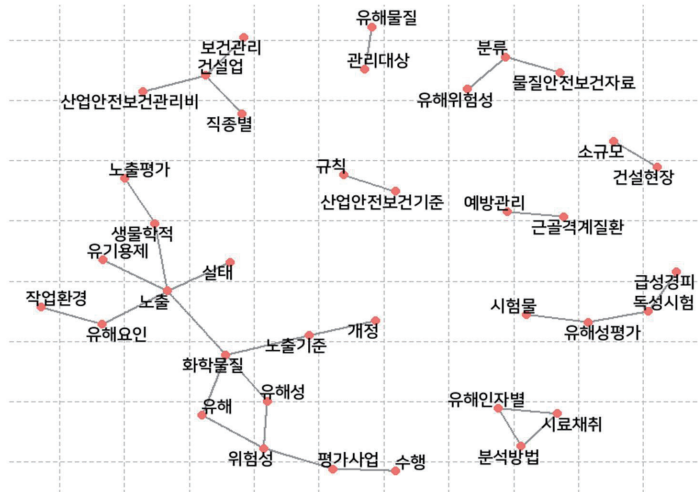
직업건강연구실			직업환경연구실		
	단어	빈도수		단어	빈도수
1	노출	42	1	노출	32
2	생물학적	27	2	노출기준	22
3	특수건강진단	24	3	작업환경	22
4	근골격계질환	18	4	화학물질	22
5	건강진단	16	5	개정	20

산업안전연구실에서 진행된 과제명은 ‘건설업’이 24건으로 가장 많았으며, 산업화학연구실은 ‘화학물질’ 77건, 안전보건정책연구실은 ‘산업안전보건’ 43건, 연구기획은 ‘스마트’ 2건, 재해통계분석팀은 ‘사업평가’, ‘시험표본조사’, ‘실패’ 등이 1건씩 나타났으며, 직업건강연구실과 직업환경연구실은 ‘노출’이 각각 42건, 32건으로 나타났다. 이 결과를 통해 각 부서별로 집중했던 연구주제를 파악할 수가 있다.



[그림5] 전체 연구과제명 자료에 대한 의미연결망

[그림5]는 전체 연구과제명 자료에 대해 빈도수 기준 상위 단어 10개와 최소 1번 이상 등장한 단어를 반영하여 단어 간 관계를 연결하였다. 각 노드의 크기는 중심성의 정도를 나타내며, 색깔은 그룹 정보를 나타낸다. 중심성이 큰 단어, 즉, 상대적으로 중요한 단어는 ‘화학물질’, ‘위험성’, ‘유해성’이며, ‘화학물질’은 나머지 9개의 상위 단어와 모두 연관되어 있으며 ‘위험성’은 ‘노출기준’, ‘화학물질’, ‘건설업’, ‘유해성’, ‘산업안전보건법’과 연관되어 있다. ‘화학물질’과 ‘노출기준’, ‘산업안전보건’은 같은 그룹에 포함되고, ‘위험성’과 ‘유해성’이 같은 그룹으로 묶인다.



[그림6] 전체 연구과제명 자료에 대한 바이그림

[그림6]은 전체 연구과제명 자료에 대해 연속해서 나타나는 두 단어 조합 중 빈도수 기준 상위 30개를 반영하여 작성한 바이그림이다. ‘유해물질-관리대상’, ‘시료채취-유해인자별-분석방법’, ‘근골격계질환-예방관리’ 등이 연속하여 등장하는 패턴임을 확인하였다.

② 요약문 분석



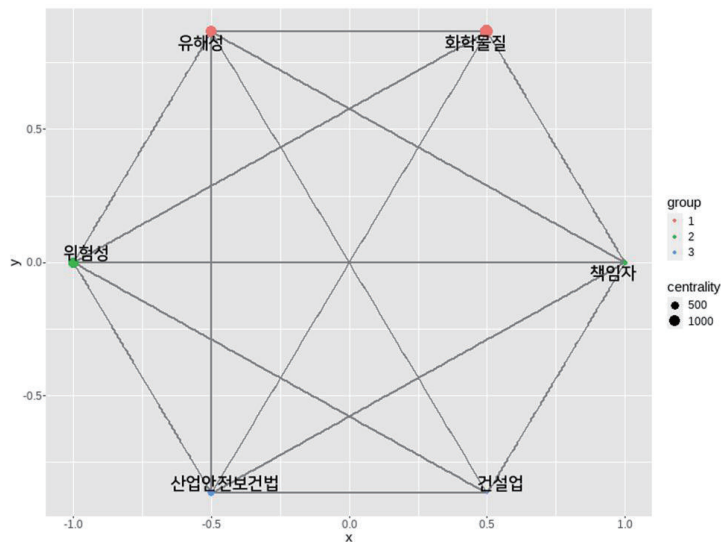
[그림7] 요약문 자료 분석 후 작성한 워드클라우드

[그림7]은 요약문 자료를 텍스트마이닝 후 빈도수가 10 이상인 단어를 대상으로 작성한 워드클라우드이다. 시각적으로 두드러지는 단어는 ‘화학물질’, ‘산업안전보건법’, ‘유해성’, ‘위험성’, ‘책임자’, ‘건설업’, ‘작업환경측정’, ‘노출기준’, ‘특수건강진단’, ‘지하철’, ‘정전기’ 등이 보인다. [표5]은 빈도수 상위 단어 20개와 각 빈도수를 정리한 것이다.

[표5] 전체 연구과제명 자료 내 빈도수 상위 단어 20개

	단어	빈도수		단어	빈도수
1	화학물질	468	11	유해물질	110
2	산업안전보건법	311	12	산업안전보건	106
3	유해성	187	13	특수건강진단	102
4	위험성	164	14	안전보건	100
5	건설업	159	15	고용노동부	99
6	책임자	150	16	지하철	94
7	사업주	142	17	작업환경	92
8	상대역	142	18	안전관리	91
9	노출기준	141	19	정전기	89
10	작업환경측정	131	20	문제점	82

결과를 보면 최근 2018년에서 2020년까지 진행된 연구요약문을 통해 ‘화학물질’, ‘산업안전보건법’, ‘노출기준’, ‘작업환경측정’, ‘산업안전보건’, ‘특수건강진단’에 대한 언급이 많았음을 확인할 수 있다.



[그림8] 전체 연구요약문 자료에 대한 의미연결망

[그림8]는 연구요약문 자료에 대해 빈도수 기준 상위 단어 10개와 최소 150번 이상 등장한 단어를 반영하여 단어 간 관계를 연결하였다. 각 노드의 크기는 중심성의 정도를 나타내며, 색깔은 그룹 정보를 나타낸다. 중심성이 큰 단어, 즉, 상대적으로 중요한 단어는 ‘화학물질’, ‘유해성’, ‘위험성’이며, ‘화학물질’은 ‘건설업’을 제외한 나머지 4개의 단어와 모두 연관되어 있으며 ‘위험성’은 나머지 5개의 단어와 모두 연관되어 있다. ‘화학물질’과 ‘유해성’은 같은 그룹에 포함되고, ‘위험성’과 ‘책임자’가 같은 그룹으로 묶인다.



[그림] 연구요약문 자료에 대한 바이그림

[그림]은 연구요약문 자료에 대해 연속해서 나타나는 두 단어 조합 중 빈도수 기준 상위 30개를 반영하여 작성한 바이그림이다. '과로자살-과로사-건강장해', '의료기관-간호사-직무스트레스', '작업환경측정-정도관리-자율항목' 등이 연속하여 등장하는 패턴임을 확인하였다.

결론

본 과제에서 텍스트마이닝 분석을 통해 2021년의 산업안전보건 관련 이슈 및 트렌드를 분석하고 산업안전보건연구원에서 수행된 연구과제주제를 분석하였다. 트렌드 분석은 2021년 1월 1일부터 2021년 10월 31일 간의 산업안전보건 관련 뉴스 기사와 기사 댓글을 대상으로 분석하였으며, 연구과제 분석은 1998년부터 2021년 동안의 연구과제명과 최근 2018년부터 2020년간 진행된 연구과제 요약문을 활용하여 분석하였다.

텍스트마이닝을 통해 한 해 동안의 트렌드를 살펴볼 수 있음을 확인하였으며, 2021년에는 ‘중대재해처벌법’, ‘택배업’, ‘보건의료’ 주제가 돋보였음을 확인하였다. 또한 연구과제명과 연구과제 요약문 분석을 통해 역대 연구과제가 주력해온 주제가 ‘화학물질’, ‘산업안전보건법’, ‘위험성’, ‘유해물질’, ‘산업재해예방’과 관련이 있었음을 확인하였다. 더불어 과제명은 부서별로 나누어 분석하여 각 부서별 연구과제 경향 또한 확인할 수 있었다. 추가로 과제명 분석 및 요약문 분석은 의미연결망과 바이그램을 작성함으로써, 단어 간의 관계와 연속하여 등장하는 패턴 또한 확인하였다.

본 과제는 텍스트마이닝을 통해 텍스트 자료의 경향성을 파악할 수 있음을 보여주었으며 2021년 산업안전보건 분야의 트렌드를 확인하고 산업안전보건연구원에서 수행한 연구과제 주제의 경향을 확인하는 데에 도움을 줄 것으로 생각한다.

참고문헌

- Hotho, Andreas, Andreas Nürnberger, and Gerhard Paaß. "A brief survey of text mining." Ldv Forum. Vol. 20. No. 1. 2005.
- Park (2021, June 1). mrchypark: KoNLP 설치 방법. Retrieved from <https://mrchypark.github.io/post/KoNLP-설치-방법/>
- Zafarani, Reza, Mohammad Ali Abbasi, and Huan Liu. Social media mining: an introduction. Cambridge University Press, 2014.
- “최대한 친절하게 쓴 R로 낱말구름, 의미연결망 그리기(feat.tidyverse, KoNLP)”. kini'n creations. 2018년 9월 24일 수정. <https://kuduz.tistory.com/1090>
- “R로 피쳐링 관계도를 그려보자(feat. tidygraph, ggraph)”. kini'n creations. 2019년 12월 13일 수정. <https://kuduz.tistory.com/1195>

OSHRI : Now

- 01. 요약집으로 한눈에 보는 2021 연구과제
- 02. 제6차 근로환경조사 결과 공표
- 03. 한국산업보건학회 동계학술대회 발표 참가
- 04. 중대재해처벌법 관련, 서울행정학회 학술대회 참가
- 05. 제33회 국제산업보건대회(ICOH) 참가
- 06. 연구원 실험장비 공유서비스 제공

OSHRI:Now는 산업안전보건연구원 동정 및 현안을 전달합니다.



2021 산업안전보건연구 요약집

요약집으로 한눈에 보는 2021 연구과제

산업안전보건연구원은 연구결과의 접근성과 활용성을 높이기 위하여 「2021년 연구과제 요약집」을 발간하였다. 이번 요약집에 실린 보고서는 총 80건으로 5개분야(정책제도, 산업안전, 직업건강, 직업환경, 산업화학)로 구성되어 있으며, 주요 연구주제는 ▲사망재해 예방 ▲코로나19와 4차 산업의 안전보건 ▲안전보건정책의 평가와 개선 ▲안전보건연구 기반의 조성 등으로 나누어 볼 수 있다.

이곳에 엮여낸 보고서들에는 작년 한 해의 중요한 사회적 이슈와 더불어 산업안전보건연구원이 중장기적으로 추진 중인 다양한 성과가 제시되어 있다. 그리고 연구과제 별로 연구배경과 연구내용, 활용방안과 주요 키워드를 정리하여 안전보건 분야에 관심있는 독자들이 효과적으로 활용할 수 있도록 하였다. 우리 연구원은 노동자의 생명과 건강에 관련된 연구를 매년 80건 내외로 진행 중이며, 요약집 발간을 통해 연구보고서에 대한 접근성을 높일 수 있을 것으로 기대하고 있다. 요약집에 실린 보고서 전문은 안전보건공단 연구원 홈페이지에서 확인가능하다.



※ 좌측의 QR코드를 통해
2021 연구과제 보고서 전문을 확인하실 수 있습니다



제6차 근로환경조사 결과 공표 최종보고서 및 자료이용 설명서

제6차 근로환경조사 결과 공표

산업안전보건연구원은 2020년 10월부터 2021년 4월까지 만 15세 이상 취업자 5만 명을 대상으로 1:1 가구방문 면접조사로 진행한 근로환경조사 결과를 공개했다.

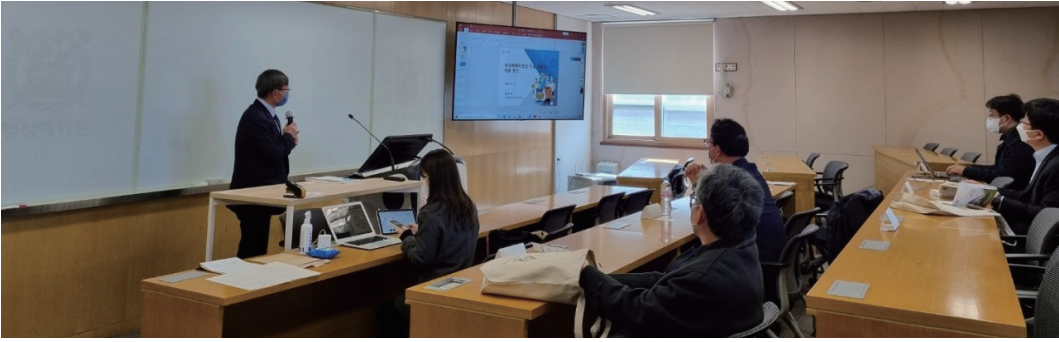
이번 조사는 일의 질(Job quality)을 구성하는 요인을 중심으로 ▲노동환경의 유해·위험요인 ▲사회적 환경 ▲노동강도 ▲기술과 재량권 ▲노동시간 ▲일의 전망 ▲건강상태 및 근로환경 만족도 등의 7개 항목으로 구분하였으며, 추가로 기술진보 및 정보통신기술(ICT) 항목을 중심으로 분석하였다.

근로환경조사는 2006년 1만 가구를 대상으로 조사를 시작하여 매 3년마다 조사가 진행되며 조사결과는 산업안전보건에 영향을 미치는 다양한 노동환경을 조사하여 산재예방정책수립을 위한 기초자료로 활용된다. 지난 조사들은 감정노동자 매뉴얼 제작(노동부, 2015, 2017, 2020), 장시간 노동의 업종·직종분포 등 분석자료(감사원, 2018) 등 주요 정부사업에 활용되어 왔다.

이번 연구는 코로나19라는 팬데믹 상황에서 진행되어 감염병이 근로환경에 미친 영향도 함께 담아 더욱 가치가 있다. 노동강도, 노동시간 등 다양한 노동환경에 따른 근로자들의 노동 현황을 파악할 수 있었으며 다음 조사에서는 코로나19가 지나간 후에 노동환경이 어떻게 변했는지를 지속적으로 연구해나갈 계획이다. 제6차 근로환경조사의 세부내용은 안전보건공단 연구원 홈페이지에서 확인 가능하다.



※ 좌측의 QR코드를 통해
근로환경조사의 세부내용을 확인하실 수 있습니다.



중대재해처벌법 서울행정학회 학술대회 및 발표자료

중대재해처벌법 관련, 서울행정학회 학술대회 참가

중대재해처벌법 시행에 따라 주요 현안을 공유하고 공공부문의 안전관리에 대한 논의를 진행하고자 연구원에서는 2월 17일에 진행된 서울 행정학회 동계학술대회에 참가하였다.

중대재해처벌법에 대한 관심이 높아지고 있는 만큼 행정분야의 중대재해처벌법에 대한 이해도를 높이고자 진행된 학술대회에서 '중대재해처벌법 주요 내용과 대응방안'이라는 주제로 학술대회 발표를 진행하였다. 또한, 학회관계자들과의 간담회에서는 코로나19 이후의 안전보건 정책의 방향과 같은 현안에 대한 토론회도 진행되었다.

한국산업보건학회 동계학술대회 발표 참가

연구 결과 및 성과를 전파하고 산업보건위생 분야의 최신 관련기술을 습득하고자 연구원에서는 2월 16일부터 18일까지 진행된 한국산업보건학회 학술대회에 참석했다.

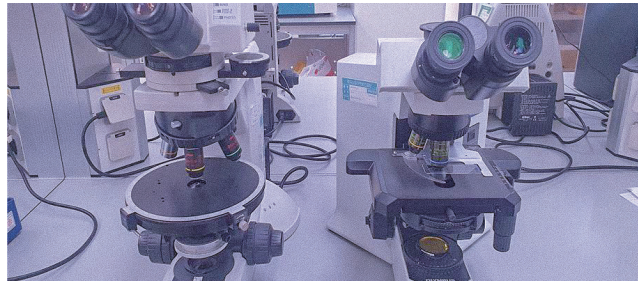
코로나19확산 방지를 위하여 비대면으로 진행된 행사에 40여명의 직원들이 온라인으로 참가하였으며, 연구원에서 수행한 연구결과 8편을 발표하였다. 특히, 학교 급식 조리환경의 유해성 및 표준 환기 관리방안, 화학물질 유해성·노출평가에 대해서는 라운드 테이블을 개설하여 해당 주제에 대한 정보 및 연구동향을 학회를 통해 공유하였다.

제33회 국제산업보건대회 (ICOH) 참가

국제 안전보건흐름 파악 및 연구역량 향상을 위하여 연구원에서는 2월 6일부터 10일까지 진행된 제33회 국제산업보건대회에 참가하였다.

국제산업보건위원회는 산업보건분야에서 최대 규모의 국제단체로 근로자 건강보호를 위한 연구와 기술개발을 원활히 수행하기 위하여 3년마다 국제대회를 개최하고 있다.

우리 연구원에서는 '화학물질 및 생활요인 유발 간질환의 독성발현경로(AOP) 개발'을 주제로 포스터 세션에 참가하였으며, 20여 명의 직원들이 온라인으로 강의에 참가하여 역량을 높였다.



연구원 보유의 투과전자현미경, 광학현미경, 탄소분석기

연구원 실험장비 공유서비스 제공

안전보건연구 선도 기관으로서의 사회적 가치를 실현하고자 연구원이 보유한 정밀분석장비 등 실험장비를 일정기간 무료로 개방합니다. 공유서비스를 희망하는 기관은 연구원을 직접 방문하여 장비를 이용하실 수 있습니다.

이용기간	2022. 3. 2. ~ 11. 30.
이용방법	유선으로 담당자와 사전협의 후 연구원을 직접 방문하여 장비 사용 *소재자: 울산광역시 중구 중가로 400 연구원동
제공자원	원소탄소분석기, 투과전자현미경(TEM), 박막X선형광분석기(t-XRF), 천평, 광학현미경, 자외부가시부흡광광도계 등 개방 가능한 설비
희망기관	중소기업, 학교, 연구기관 등(울산광역시 소재기관 우대)
이용제한	영리목적 수탁시료, 오염예상 시료, 작업환경측정시료, 연구원 발주 연구과제 관련시료 등
담당자	산업안전보건연구원 연구기획부 강민호 차장 (직통전화: 052-703-0813 / 이메일: brilliant@kosha.or.kr)

일출이 떠오르는 희망찬 울산



〈가장 먼저 새해를 여는 곳, 간절곶〉

우리나라에서 가장 먼저 해가 떠오르는 곳, 바로 이름난 해맞이 명소 간절곶이다.
1월 1일이 되면 해맞이 인파로 인산인해를 이루는데,
수평선 위로 떠오르는 일출을 바라보며 한해를 맞이하고자 하는 사람들의 설렘으로 북적인다.
어둠을 걷어내며 하늘을 붉게 물들이는 일출은 보는 사람들로 하여금 탄성을 자아내기도 하며
사람들은 자연스럽게 두 손 모아 소원을 빌며 올해의 소망을 기원한다.

〈새 마음, 새 뜻으로 쓰는 편지를 부치는 ‘소망우체통’〉

간절곶을 찾은 사람들의 마음을 사로잡는 것이 하나 더 있는데, 바로 소망우체통이다.
탁트인 해안 옆으로 펼쳐진 나무데크를 따라 걷다보면 도착하게 되는데,
단연 관광객들과 지역주민 모두의 마음을 사로잡는 포토스팟이다.
동해의 푸른 파도를 바라보고 있는 등대와 함께 든든하게 자리를 지키고 있는 소망우체통은
실제로 안으로 들어가 편지와 엽서를 부칠 수 있다.





제9회 산업안전보건 조사자료

논문 경진대회

| 2022. 6. 19.(일) 24시까지



전체 행사 안내 제1회 산업안전보건 조사자료 학술대회

(세션1)

제9회 산업안전보건 조사자료
논문 경진대회 (본 공고문 참조)

(세션2)

연구원 조사자료 학술세미나
: 조사자료 설명 및 우수논문 발표

논문
제출처
바로가기



문의

산업안전보건연구원 정책제도연구부

- 일반행정 ☎ 052-703-0825
- 조사자료 ☎ 052-703-0823

| 논문 주제 산업안전보건연구원 국가승인통계인 '근로환경조사' 또는
'산업안전보건실태조사'를 활용한 **산업안전보건 분야 자유주제**

| 참가대상 ① **학생부** : 국내외 대학 및 대학원(석·박사과정) 재학
(휴학·수료·졸업예정 포함) 중인 자

② **일반부** : ①항에 해당되지 않는 일반 성인

※ 공동연구의 경우 모든 참가자가 참가대상 요건에 부합되어야 함

※ 학생부문에 지도교수/외부연구원 등은 공동저자로 참여할 수 없음

| 공모일정 - 참가신청서/논문접수 마감 : **2022. 6. 19.(일), 24시까지**

- 논문심사 결과 발표 : 2022. 6. 30.(목) *홈페이지 공지 및 개별 통보

- 우수논문 발표 및 시상식 : 2022년 7월 첫째 주 개최 예정

| 시상내역 ① 학생부

대상	1	고용노동부 장관상	200만원
최우수	2	안전보건공단 이사장상	150만원
우수	3	산업안전보건연구원장상	100만원
가작	미정	산업안전보건연구원장상	-

② 일반부

최우수	1	안전보건공단 이사장상	150만원
우수	1	산업안전보건연구원장상	100만원

| 논문제출 ① 본문, 부록, 참고문헌 포함 최대 30매 이내 작성하고,
국·영문 모두 가능

② 저작권 : 제출된 논문의 저작권은 연구원에 귀속되지 않으나,
제출논문은 타 학술지 혹은 논문집에 출판되지 않은 것이어야 함

③ 제출방법 : **연구원 홈페이지(oshri.kosha.or.kr)** → 참여마당
→ 논문 경진대회 → 논문제출 게시판에 제출

④ 제출물 : 참가신청서, 개인정보수집·이용동의서, 논문원본, 논문요약문
※ 별첨의 논문작성 양식, 논문작성 예시, 논문요약집 예시 반드시 참고

| 분석자료 **연구원 생산 국가승인통계 2종(근로환경조사, 산업안전보건 실태조사) 중
1종 이상 반드시 활용하고, 미활용 시 부적합, 제외 처리됨**

※ 자료는 기술통계량 산출, 통계분석 방법론 적용, 결과도출 등
핵심 결과 도출 과정에 활용되어야 함

※ 외부 통계자료는 문헌 연구 및 내용 보완, 결과해석을 위해 사용 가능하며,
연구원 국가승인통계 자료와 병합하여 활용 가능함

※ 다운로드 방법 : **연구원 홈페이지(oshri.kosha.or.kr)** → 연구분야
→ 근로환경조사/산업안전보건 실태조사 → 원시자료 및 보고서

※ 3월 중 조사자료 활용안내 동영상상 **연구원 유튜브 사이트**에 게시될 예정
→ 유튜브에 '산업안전보건연구원' 검색 **YouTube 산업안전보건연구원** 검색



ISSN 2799-6166

독자 의견 설문조사



원고 모집 안내



표지

사용 후 고지(재생지)
30%를 함유한
인스퍼에코 222g/m²

내지

사용 후 고지(재생지)
30%를 함유한
인스퍼에코 112g/m²

환경보호를 위해
친환경용지를
사용하였습니다.

