연구전문지 OSHRI:VIEW Vol.15 No.2 (통권85호)

OSHRI:VIEW

보다 나은 미래,
연구로 보다

포스트코로나 시대의 산업안전보건 연구

OSHRI:Issue

포스트코로나 시대, 사망사고 예방 타깃 및 연구방향
고용노동환경 변화와 안전보건 사각지대 전망과 대책
디지털 기반의 작업장소와 안전한 재택근무
포스트코로나 안전보건 환경변화 진단 및 전망
산업보건 사각지대 종사자의 직업건강적 접근
배달로 본 플랫폼 노동

OSHRI:Practice

원격조종(소형) 타워크레인 안전작업 매뉴얼 개발
반도체 산업 관련 화학물질 노출에 대한 독성발현경로(AOP) DB 구축
1,2-디클로로프로판 및 일산화탄소 측정 분석방법 안전보건기술지침 개발

산업재해예방
안전보건공단
산업안전보건연구원

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.

아울러 창간호 책자의 표지 디자인은 금색의 홀로그램으로 표현하였습니다. 이는 '빛-스펙트럼'의 관계처럼 연구의 눈으로 다양한 견해, 이론, 사실 등을 폭넓게 열어 산업안전보건연구의 '황금시대(Golden Era)'를 지향한다는 모토를 형상화 하였습니다.

OSHRI:VIEW [Vol.15 No.2 (통권85호)]

발 간 번 호 2021-산업안전보건연구원-386
발 행 처 산업안전보건연구원
발 행 인 김은아 연구원장
편집위원장 김은아 연구원장
편 집 위 원 안전보건정책연구실 오규헌 실장
산업안전연구실 김진현 실장
직업건강연구실 이상길 실장
직업환경연구실 박승현 실장
산업화학연구실 김현석 실장
실 무 위 원 정책제도연구부 김명준 부장
산업안전연구부 문병두 부장
역학조사부 이지혜 부장
직업환경연구실 박정근 선임연구위원
화학물질평가1부 이나루 부장
담 당 연구기획부 박현희 부장, 강민호 차장
김유리 대리, 이혜진 인턴
문 의 052-703-0813
주 소 울산 중구 종가로 400 산업안전보건연구원
편집디자인 언프레임 주식회사
인 쇄 한결엠

* 본지에 실린 사진과 삽화, 원고는 저작권법의 보호를 받습니다.

산업재해예방
안전보건공단
산업안전보건연구원

차 례

Prologue | 보다 나은 미래, 연구로 보다 _____ 04

Masseges | 창간을 축하합니다 _____ 06

OSHRI : Issue

포스트코로나 시대, 사망사고 예방 타깃 및 연구방향 _____ 10

고용노동환경 변화와 안전보건 사각지대 전망과 대책 - 기존 법·정책의 한계점 중심으로 - _____ 28

디지털 기반의 작업장소와 안전한 재택근무 _____ 42

포스트코로나 안전보건 환경변화 진단 및 전망 _____ 54

산업보건 사각지대 종사자의 직업건강적 접근 _____ 72

배달로 본 플랫폼 노동 _____ 82

OSHRI : Practice

원격조종(소형) 타워크레인 안전작업 매뉴얼 개발 _____ 92

반도체 산업 관련 화학물질 노출에 대한 독성발현경로(AOP) DB 구축 _____ 100

1,2-디클로로프로판 및 일산화탄소 측정 분석방법 안전보건기술지침 개발 _____ 110

OSHRI : Brief

주요 국가 간 산업재해율 변화 추이 비교분석 _____ 118

유해물질 노출 사업장의 외국인 노동자 건강취약성 평가 _____ 124

석탄화력발전소의 공정별 유해인자 노출 위험도 평가 및 작업환경관리방안 마련 연구 _____ 128

안전인증기준 개선방안 연구 _____ 132

건설기계 특고종사자 보호방안 연구 _____ 138

화학물질 독성 스크리닝을 위한 3차원 세포배양 기술 적용 타당성 연구 _____ 144

OSHRI : About

화학물질이 폭발하는 이유? '위험성연구부의 역할과 기능' _____ 152

현장조사 : '무용제형' 선박 방청용 에폭시수지 도료의 피부과민성 평가와 피부노출 관리 _____ 158

OSHRI : Now

포스트코로나, 안전보건전망과 연구과제 포럼 개최 _____ 168

물질안전보건자료시스템, KMS로 새단장 _____ 169

위험성연구부, 화재·폭발 사고사례 원인분석 보고서 발간 _____ 169

역학조사부, 포스코 직업성 암 논란 관련 역학조사 착수 _____ 170

연구원 실험장비 공유 서비스 제공 _____ 171

Prologue

“보다 나은 미래, 연구로 보다”

일하는 사람들의 생명보호와 건강증진을 위해 연구원이 설립된 1989년.
지난 30년 동안 연구원은 쉼 없이 달려왔습니다.
현장성과 실험성을 갖춘 산업안전보건 연구, 실용성을 바탕으로 미래를 내다보는
전문사업의 기틀 위에서 연구원은 산업안전보건 연구 전문지 **OSHRI:VIEW**의 창간과 함께
다시금 새로운 출발선 위에 섰습니다.

우리 산업안전보건연구원은 **OSHRI:VIEW**를 통해 산업안전보건의 현재와 미래를 해석하는
통찰과 시야를 여러분과 공유하려 합니다.

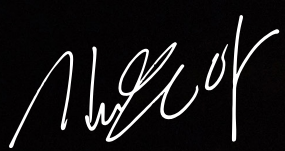
OSHRI:VIEW는 논의가 시급한 주제를 정리하는 OSHRI:Issue,
안전보건 연구가 현장에 적용되어가는 사례를 소개하는 OSHRI:Practice,
파급력 있는 연구결과를 쉽게 요약한 OSHRI:Brief로 구성됩니다.

미래를 향한 OSHRI:VIEW의 창간호는 포스트코로나 시대에 대한 전망과 분석으로 시작합니다.
코로나19 팬데믹은 사회경제 전반에 걸쳐 큰 변혁의 파도를 몰고 왔습니다.
산업안전보건 분야도 물론 예외가 아닙니다.
새로운 산업재해 취약계층이 생겨나고, 사망사고 예방 타깃도 새로 발굴되었으며,
디지털 기반의 근무가 일상화 되면서 재택근무 시 안전을 고려해야 하는 상황이 도래했습니다.
또한 현 상황에 대한 분석을 토대로 향후 법·제도 수립 방향을 고민해야 할 때가 되었습니다.
연구원은 포스트코로나 시대를 대비하여 산업안전보건 연구방향을 설정하고
연구주제를 모색해야 할 때라고 판단했습니다.
연구원은 산업안전보건포럼을 총 여섯 차례 개최하여 각계각층 전문가의 의견을 수렴하여
현재를 조명하고 미래를 내다보는 연구원 내외의 목소리를 모아보았습니다.

새로운 시대의 관문에 선 연구원은 공학적 이해와 인문학적 사고의 디딤돌을 딛고
더 나은 세상을 만들겠다는 의지를 실천해 나가고자 합니다.

과학적 탐험과 문제 해결을 위한 웅변의 자리가 될 OSHRI:VIEW를 앞으로도 주목해 주시기 바랍니다.

감사합니다.

산업안전보건연구원장
김 은 아 

Massages

“창간을 축하합니다”

대한직업환경의학회 **구정완 회장**

산업안전보건의 다양한 이슈에 사회적으로 많은 관심이 집중되고 있습니다. 화학물질 사용량 증가와 새로운 화학물질 개발로 신규 직업병 발생 가능성이 높아지고, 외국인, 고령자, 비정규직 노동자 등 산업보건 취약계층이 증가하며, 유해작업의 아웃소싱이 확대되어 직업보건관리의 어려움도 커지고 있습니다. 산업의 다변화로 인해 고용형태가 다양해졌고, 급격한 언택트 시대로의 전환은 배달 종사자의 다양한 건강문제를 야기했습니다. 경쟁의 심화, 일자리 부족 등 각박한 사회 분위기로 인해 직무스트레스의 심각성이 부각되고 코로나19 이후 노동자 정신건강에 대한 중요성은 더 커지고 있습니다. 이번에 창간하는 OSHRI:VIEW가 대내외 전문가의 통찰력과 혜안을 반영하는 내실있는 정기간행물이 되어 산업안전보건 발전에 훌륭한 기여를 할 수 있기를 기원합니다.

산업보건학회 **윤충식 회장**

과거의 경험과 현재의 지식을 축적하여 미래의 갖가지 안전보건 이슈에 주도적이고 창의적인 연구 성과를 담아, 우리나라는 물론 세계적 안전보건 난제를 인식·평가·제어할 수 있는 든든한 연구의 가교가 되기를 바랍니다. 단순한 또 하나의 발간물이 아닌, 심층적이고 실증적인 연구 성과의 소통 매개물이 되어, 연구자· 관리자·노동자가 기꺼이 참고할 수 있는, 그리하여 안전보건 관련 연구의 실증적 성과가 국내·외에 잘 뿌려지기를 바랍니다.

한국안전학회 **김두현 회장**

안전 분야 최고의 학술단체인 한국안전학회를 대표하여 산업안전보건연구원의 연구 전문지 ‘OSHRI:VIEW’ 의 창간을 진심으로 축하합니다. OSHRI:VIEW는 앞으로 산업안전보건 연구부문을 선도해 갈 수 있는 연구 전문지로 우뚝 성장할 것입니다. 사물 인터넷(IoT), 클라우드 컴퓨팅, 인공지능(AI), 빅데이터 솔루션 등 정보통신기술이 산업현장에 도입되어 새롭고 예측하기 힘든 위험요소와 경험하지 못한 위험성이 대두되는 작금의 현실에서 학계의 ‘한국안전학회지’와 연구원의 ‘OSHRI:VIEW’가 대한민국의 안전을 선도할 수 있는 귀한 간행물이 되길 기원합니다.

대한건설보건학회 **정혜선 회장**

산업안전보건연구원의 연구전문지 OSHRI:VIEW를 창간하게 된 것을 진심으로 축하드립니다. OSHRI:VIEW가 연구원의 활동을 널리 전파하고, 확산하는데 큰 기여를 할 것으로 생각되며, 다양한 전문가들의 생각과 견해가 활발하게 논의될 수 있는 플랫폼이 되기를 기대합니다. 대한건설보건학회에서도 연구원과 함께 전문적인 연구활동을 수행하여 현장의 문제를 개선하는데 최선을 다하겠습니다. 연구전문지 창간을 위해 고생하신 임직원 여러분들의 노고에 깊은 감사를 드립니다.

직업건강간호학회 **이윤정 회장**

공부라는 것은 평생을 바쳐 해야 할 일이라는 것을 나이 들면서 더욱 깨닫게 됩니다. 할수록 부족함을 느끼기도 하고, 나의 역량이 모자람을 느끼는 경우도 많습니다. 이럴 때 힘이 나는 것은 같이 공부하는 동지들이 세상 곳곳에 있다는 사실입니다. 혼자 하는 공부보다 여럿이 함께 나누는 공부가 참 공부일 것입니다. 이번에 새로이 창간되는 OSHRI:VIEW가 바로 이런 '여럿이 함께 공부한 결과를 나누는' 멋진 공간이 될 것을 기대해봅니다. 매 호 나올 때마다 제일 좋아하는 펜을 찾아들고 밑줄을 그어가며 산업보건 동지들의 연구성과를 함께 나누겠습니다.

한국건설안전학회 **안홍섭 회장**

각고의 노력에도 불구하고 우리 노동자는 아직 위태롭습니다. 기계지능이 인간지능을 압도하는 시대일수록 더 나은 정보가 필요합니다. 가치있는 정보의 확산과 공유는 산업안전보건에 필수 조건입니다. 산업안전보건연구원에서 새로 발간하는 OSHRI:VIEW가 산적한 문제에 대한 해법을 신속하게 배달하여 안전한 일터를 보장하는 행복의 메신저가 되기를 기대합니다.

한국비교노동법학회 **이상희 회장**

우리 산업안전보건 문제 중 중요한 현안에 대한 다각적 분석과 관련 연구 및 정책 등의 바로미터를 보여주는 산업안전보건연구원의 OSHRI:VIEW 창간을 축하드립니다. 산업안전보건 분야는 제조업 비중이 높은 우리 산업구조 탓에 안전사고가 여전히 발생하면서도 동시에 산업구조 고도화에 따른 작업환경 변화로 직업성 질환 등 보건사고에 대한 관심이 더욱 고조될 것으로 전망됩니다. OSHRI:VIEW가 대내외 전문가의 통찰력과 혜안을 잘 반영하여 우리 산업안전보건 정책의 등대 역할과 관련 연구 방향을 선도해 나갈 수 있도록 기원합니다.

한국시스템안전학회 **윤완철 회장**

산업안전보건은 일하는 사람들의 생존권인데도 불구하고 선진 한국의 마지막 성장통같은 분야로 남았습니다. 창간되는 OSHRI:VIEW는 안전보건 기술의 소통 엔진이 되어, 관행과 답습을 밀어내고 학문과 실행을 서로 통하게 하며 우리 안전보건을 선진대열에 진입시키는 산업안전보건의 견인차가 될 것으로 믿습니다.

한국직무스트레스학회 **정진주 회장**

한국사회는 그 어느 때보다도 안전보건에 대한 국민들의 열망이 높은 시기입니다. 안전보건에 관한 과학적 근거, 책임성 있는 예방, 참여를 통한 안전보건의 확보 등 여러 측면에서 일하는 사람을 위한 안전하고 건강한 일터를 마련해야 할 시점입니다. 산업안전보건연구원도 그간의 성과를 토대로 보다 발전된 방향으로 박차를 가할 것을 기원하며, 연구전문지 OSHRI:VIEW도 이러한 발걸음에 기여해주시기 바랍니다. 창간을 진심으로 축하합니다.

OSH
RÍ:
VÍE

OSHRI : Issue

01. 포스트코로나 시대, 사망사고 예방 타깃 및 연구방향

02. 고용노동환경 변화와 안전보건 사각지대 전망과 대책
– 기존 법·정책의 한계점 중심으로 –

03. 디지털 기반의 작업장소와 안전한 재택근무

04. 포스트코로나 안전보건 환경변화 진단 및 전망

05. 산업보건 사각지대 종사자의 직업건강적 접근

06. 배달로 본 플랫폼 노동

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

01

산업안전보건연구원 산업안전연구실
김진현 실장

포스트코로나 시대, 사망사고 예방 타깃 및 연구방향

주요 내용 요약

- 포스트코로나 시대, 산업안전 측면에서 문제점으로 부각될 주요 이슈는

  ① 배달플랫폼 종사자 사고 위험성
  ② 온라인 유통시장 확대에 따른 물류센터 위험성
  ③ 3D 프린팅 적용 현장 비중 증가에 따른 새로운 위험성
  ④ 노동자 숫자만큼 늘어날 로봇 사용 환경의 위험성
  ⑤ 배터리 경제 실현에 따른 잠재 위험성

  등 5가지로 예상되며, 본 고에서는 주요이슈 ①, ②, ④에 대하여 논하고자 함

- 배달 플랫폼 종사자는 음식배달을 기준으로 약 8~10만 명으로 추산되며, 이들 중 배달 종사자의 재해예방은 선제적으로 다뤄져야할 이슈임
  - 서울지역 교통사고 데이터 기준(서울경찰청) 이륜차 교통사고 사망자 중 36.9%가 배달업에 종사한 것으로 밝혀짐(2019년 전국 이륜차 사망사고는 422명 발생)

- 유해위험방지계획서 심사현황 분석 결과, 물류창고 건설현장은 2016년 30개소에서 2020년 100개소로 증가했으며 추정 근로자 수는 동기간 6천여 명에서 2만 4천 여명으로 증가함
  - 물류창고 건설프로젝트는 단기수익 추구를 위해 공기단축 및 공사금액 절감방안을 모색하고 있어 안전시설에 대해 적극적인 투자가 이뤄지지 않는 실정

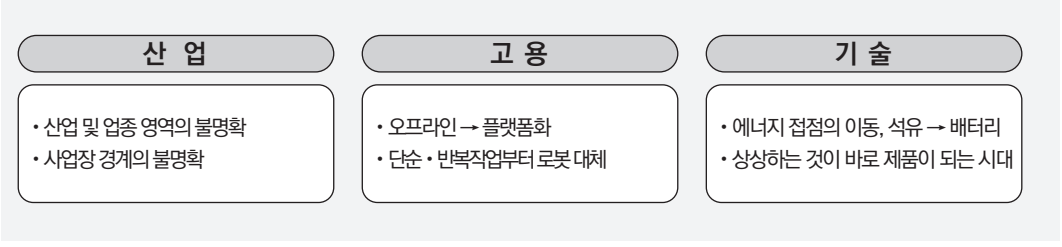
- 우리나라 노동자 1만 명당 로봇밀도는 2019년 868대로 세계 2위 수준이며, 글로벌 로봇 시장은 2020년 말 444억 달러 규모에서 2025년 1772억 달러로 성장 전망
  - 최근 10년 간 국내 산업용 로봇으로 인한 재해자는 총 355명(사망자 29명)으로, 재해자 사망비율은 全 업종 대비 약 8배 높고, 근로손실일수는 全 제조업 대비 약 2배 높은 수준

- 4차 산업혁명과 더불어 포스트코로나 시대의 사망사고 예방을 위해서는 IoT를 활용한 통합안전관리 시스템 도입, 시각 AI 기술의 활용, 시스템안전 접목 방향성 탐색 등 신기술 활용과 시스템 혁신이 요구됨

I. 포스트코로나 시대, 우리가 맞이한 일터

4차 산업혁명의 소용돌이에서 코로나19까지

최근 수년 간 우리는 4차 산업혁명에 대해 고민했다. 일자리가 특히 주요 관심사였다. 그 와중에 느닷없이 맞닥뜨린 코로나19는 우리의 삶과 일터를 크게 변화시켰고, 산업안전분야에서도 새로운 이슈들이 등장했다. 산업, 고용구조 및 기술의 변화 측면에서 키워드로 정리하면 다음과 같이 범주화 할 수 있다.

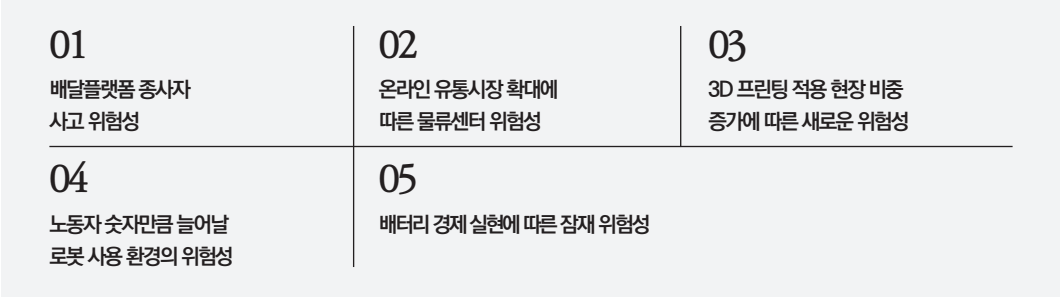


[그림1] 우리가 맞닥뜨린 산업, 고용구조 및 기술의 변화상

산업의 경계가 무너지고 있다. 자동차가 이제 더는 전통적인 기계공학의 영역이 아닌 디지털과 플랫폼 중심인 시대가 다가오고 있다. 사업장의 영역은 이미 없어지고 있다. 사업장 소속 근로자라는 말도 근로자성이라는 용어와 함께 혼란스러워졌다. 석유에너지는 예상과 달리 아주 빠르게 배터리와 수소에 시장을 내 줄 것 같다. 3D 프린터는 공예품이나 만들던 때를 벗어나 이미 건물을 짓기 시작했다.

향후 산업안전 문제점으로 부각될 주요 이슈

산업안전분야 중 사망사고 예방 측면에서 종사자가 급속히 늘어나고 관련 산업에 자본이 집중되면서 안전사고가 증가할 우려가 높을 것으로 판단되는 다섯 가지 주요 이슈를 선정했다.



[그림2] 산업안전 측면에서 문제점으로 부각될 주요 이슈

코로나19가 크게 분위기를 조성한 측면이 있지만, 비대면 소비가 폭발적으로 증가하여 배달플랫폼에 종사하는 일명 '라이더'들의 이륜차 교통사고 위험성이 급증하였다. 더불어 온라인 유통시장의 비약적 성장은 대도시 인근 교통망 거점 지역에 대형 물류센터 건설, 빠른 배송을 위한 소규모 도심형 물류센터 건설이 증가하면서 대형사고는 이미 사회적 이슈가 됐다. 노동자 숫자만큼 늘어날 로봇 사용 환경도 이제 우리가 고민해 봐야 할 문제이다. 배터리 및 수소 경제 실현에 따른 잠재 위험성 파악 및 대응 방안 마련, 3D 프린팅 적용 현장 증가에 따른 위험성평가도 고려해봐야 할 주요 이슈이다.

사망사고 예방을 위한 주요 논의 주제

도출된 다섯 가지 주요 이슈 가운데 선행 연구자료가 어느 정도 축적돼 있고, 확보가 가능한 세 가지 영역을 중점으로 논의하고자 한다. 3D 프린팅 위험성 관련 자료는 충분하지 않았다. 유해성 관련 자료는 다소 축적돼 있는 것으로 파악된다. 하지만 위험성 관련 자료는 거의 파악되지 않았다. 타워크레인, 항타기·항발기, 이동식크레인, 콘크리트 믹서트럭·펌프카 등에 잠재한 산업안전 문제점들이 복합적으로 나타날 것으로 추정될 뿐이다. 향후 다시 검토자료를 조사하고 검토해야 할 주요 이슈다. 배터리 경제·수소 경제와 관련된 위험성도 향후 자료를 확보하여 미리 위험성평가 기초자료를 마련할 필요가 있는 주요 분야이다.

본 고에서는 자료가 조사되고, 사망사고 위험성이 특히 높아질 세 가지 분야인 배달플랫폼 종사자 사고 위험성, 온라인 유통시장 확대에 따른 물류센터 대형사고 위험성, 노동자 숫자만큼 늘어날 로봇 사용 환경의 위험성을 중심으로 살펴보고자 한다.

II. 배달 플랫폼 종사자 사고 위험성

플랫폼 노동과 그 특징

플랫폼에서는 노동력 시장을 장악하면 공급자 시장을 장악할 수 있고, 공급자 시장을 장악하면 노동력 시장도 장악할 수 있다. 플랫폼은 두 개의 시장을 중개하고 정보를 독점하면서 경제적 지배력을 가지게 된다.

플랫폼은 대기하는 종사자들에게 시간당 임금을 지급하지 않고 도리어 수수료를 받는다. 이제 노동자들은 사업장에 출근할 필요가 없다. 손안에 있는 휴대폰의 어플리케이션(앱)에 접속하면 된다. 혹자는 이것을 해방이라 부르고, 혹자는 이것을 초기 자본주의로의 회귀라고 말한다.

우리나라 배달업의 구조

우리나라에서는 주문중개앱과 배달중개앱을 구분한다. 우리가 배달주문을 할 때 사용하는 배달의민족이나 요기요가 주문중개앱이다. 소비자와 음식점을 이어주는 플랫폼이다. 음식을 배달하는 회사는 따로 있다. 배달대행사다. 배달산업은 주문중개앱 외에 또 다른 하나를 필요로 한다. 우리가 앱에서 주문을 하면 음식가게에 전달된다. 음식점 사장은 주문을 접수하고, 주문배달을 위해 다른 프로그램을 사용한다. 즉, 라이더의 휴대폰에 배달주문을 띄워 라이더들이 배달을 수행할 수 있게 하는 어플리케이션이 따로 필요하다. 이것이 배달중개앱이다. 동네에서 배달사무실을 차려 라이더들에게 오토바이를 리스 형태로 제공하고 관리하는 배달대행사들이 배달중개앱 프로그램업체와 일종의 가맹 계약을 맺는다.

주문중개앱(배달의민족, 요기요 등)이 과거 음식점에서 뿌리는 전단지를 대체했다면 배달중개앱(부릉, 바로고, 생각대로 등)은 음식점 사장들이 과거에 라이더에게 연락한 무전기, 문자를 대신한다고 보면 된다. 이 복잡한 과정은 다음과 같이 정리된다.

> 소비자가 주문중개앱 통해 주문 → 주문중개회사(배달의민족, 요기요 등)가 음식점으로 주문데이터 전송 → 음식점 주문접수 후 배달중개회사 프로그램에(부릉, 바로고, 생각대로 등) 배달일감신청 → 배달중개회사, 배달대행사와 배달대행사 소속 라이더 휴대폰으로 배달일감 데이터 전송 → 배달대행사 라이더 및 배달주문 관리

소비자와 음식점 라이더를 한 번에 연결시키는 플랫폼도 있다. 쿠팡이츠다. 배달대행사 같은 중간단계가 없다. 쿠팡이츠는 해외에서 이야기하는 플랫폼과 닮아있다. 우리나라는 원래 배달이 발달한 나라인지라 중간단계가 많은 복잡한 구조가 됐다.

문제 제기: 플랫폼 노동의 위험은 오직 라이더의 책임인가?

플랫폼 노동의 핵심은 플랫폼 기업이 아무런 책임을 지지 않는 것에 있다. 그렇지만, 서비스의 질은 기존의 서비스보다 나아야 한다. 신뢰와 좋은 이미지(사용후기와 별점 등)는 소비자를 끌어 모으는 핵심 가치이다. 이를 바탕으로 한 시장점유율의 확대는 이들 기업 발전의 원동력이다. 플랫폼 기업에 있어 공급자와 소비자, 투자자를 끌어 모으는 '좋은 이미지'는 생명이다.

기업들은 서비스의 질 확보차원에서 철두철미한 매뉴얼과 표준화에 기반하여 라이더가 보온가방에 음식을 넣어 배달하게 하거나, 라이더 조를 편성해 순서대로 식사를 하게 하거나, GPS 상에서 배달구역을 벗어나는 라이더에게 배달 장소를 확인하는 전화를 걸거나, 출퇴근과 조퇴 등에 대한 철저한 관리를 하거나, 지각이나 무단이탈의 경우 배달 건당 일정액의 감액을 하는 등의 방식으로 관리를 했다. 하지만 라이더들는 개인사업자 신분이었다.

한편, 위험을 관리할 수 있는 손해보험 가입 가능성 측면에서 보면, 배달용 보험(유상운송보험)의 보험료가 상상을 초월한다. 30대의 경우 보통 연 300만 원이다. 출퇴근용은 16만 원 정도인데, 배달용으로 사용하면 19배가 되는 것이다. 20대의 경우에는 사고위험이 더 높아져 600~700만 원가량이다. 산재보험과 관련하여 배달대행 라이더가 부담해야 할 산재보험료는 월 14,030원이지만, 현장에서는 사장이 부담해야 할 14,030원까지 라이더에게 떠넘겨 28,060원을 걷거나 3만원을 걷는 경우도 허다하다고 한다. 라이더들이 산재가입을 망설이는 다른 이유(즉 산재적용제외신청 이유)는 산재에 가입하면 유상운송보험에 들지 않은 것이 드러날까 두렵기도 하고, 무엇보다도 자신의 소득이 노출되는 게 무섭기 때문이라고 한다. 배달대행 시장은 아직까지 라이더들의 소득에 대해 3.3% 원천징수가 이루어지지 않는 곳이 많아 신용불량자들도 돈을 벌 수 있는 곳이고 자신의 소득이 드러나면 압류가 두려운 것이다.

2015년 이래 매년 8~10% 성장해 온 온라인 소비는 코로나19로 더욱 촉진돼, 2020년 12월 온라인 쇼핑 총거래액은 15조 9,946억원으로 전년 동월 대비 26.1%, 전년대비 19.1% 증가하였다. 이륜차 플랫폼 배달로 이루어지는 음식서비스 거래액도 2019년 대비 78.6% 급증하였다.

이륜차 배달대행 건수 및 배달 플랫폼 종사자의 규모에 관한 최근 장지연(2020년)의 연구결과에 의하면 배달·운송 노동자는 오프라인에서 수행하는 플랫폼 노동의 67.8%에 달하고, 전체 플랫폼 노동자(22만 명) 중에서 52%인 약 114,000명에 이를 것으로 추정하였다.

플랫폼과 관련하여, 산재통계에서는 2019년 연간 3천여 명의 사고재해가 발생해 30명 정도가 사망했다. 반면, 경찰청의 교통사고 통계를 살펴보면 이륜차 관련 사고는 연간 18,467건이고 이로 인한 부상자는 2만 명이 넘었다. 이중 사망자도 422명이나 발생했다. 서울경찰청에서 서울지역 교통사고 데이터를 분석한 결과 이륜차 교통사고 사망자 중 36.9%가 배달에 종사한 것으로 확인되었다. 전국적으로 이륜차 사망사고가 422명이 발생했으니 단순계산으로 155명은 배달 중 사망한 것으로 추정할 수 있다.

통계마다 이륜차 배달종사자의 규모 추정치가 다르지만 작년 말 기준으로 음식배달을 중심으로

플랫폼 종사자는 약 8~10만 명, 기타 이륜차 배달 및 직고용을 포함하면 최대 20만 명까지 보는 견해도 있다. 플랫폼 종사자, 그중에서 배달 종사자의 재해예방은 공단입장에서 이제 시급한 과제의 하나로 부상하고 있다. 라이더유니온 박정훈 위원장에 따르면 도보, 전동퀵보드, 전기자전거, 오토바이 등으로 무엇이든 배달을 할 수 있는 라이더들의 숫자가 10만을 넘었다.

해결과제 제시

이익을 얻는 자가 책임지는 구조가 돼야 한다. 손님과 음식점은 정당한 배달료를 지불하여 라이더들의 배달료를 현실화할 필요가 있고, 플랫폼 기업들은 매출 기준으로 산재보험료와 고용보험료를 납부하여 라이더 보호에 대한 책임을 져야 한다는 것이다. 또한, 일하는 사람이라면 누구나 노동3권을 보장받게 해야 한다.

이륜차 배달 건수 및 종사자 수 증가에 따른 사고 또한 지속적으로 증가할 것으로 전망되기에 사고예방을 위한 법적, 제도적 정책수립이 요구되며 이러한 정책 수립을 위해서는 정확한 실태조사가 선행돼야 한다. 장기적으로는 정책수립의 기초가 되는 배달플랫폼기업, 지역의 배달대행업체 및 이륜차 배달 종사자의 규모를 정확히 파악하기 위한 제도적 장치를 마련함으로써 산재예방 정책 수립의 기초자료로 활용하여야 하고, 이러한 분야를 중심으로 많은 연구가 필요하다.

행동기반으로 안전 배달을 이끌어 낼 수 있는 학제 간 연구, 안전에 해가 되는 불량 알고리즘을 선별하고, 실시간 수집 데이터를 기초로 플랫폼 사업자의 안전보건관리 수준을 DB화하고 개선시키며, 비정형적인 업무에 대한 적정한 휴식시간을 산출하는 알고리즘 등 종사자들이 실시간 만들어 내는 데이터를 수집·활용하는 다양한 연구가 필요하다.

이륜차 배달 종사자의 안전을 위해서는 그 무엇보다도 적정한 운임을 받을 수 있도록 안전비용을 배달비용에 내재화 시키려는 노력이 선행되어야 한다. 안전운임 비용을 설정하고 그 비용을 누구에게 어떻게 전가시킬 것인지, 또한 어떻게 사용할 것인지도 안전보건의 관점에서 다뤄볼 필요가 있다. 전통적인 산업에서 사업자의 의무로 이루어지는 정기교육, 건강검진 등은 민간의 영역으로만 남겨놓기 보다 지원 사업, 공제조합 등을 통해 공공의 영역에서 추진을 검토해야 한다.

III. 온라인 유통시장 확대에 따른 물류창고 위험성

물류창고 건설 현황 및 관련 노동자 증가 추세

최근 소비 형태의 변화는 물류시설 중 냉동·냉장 창고시설의 급속한 수요증가를 불러일으켰다. 물류상품의 다양화와 물량의 지속적인 증가는 물류창고 건물의 형태 및 구조에도 영향을 끼쳐 물류창고는 상온시설과 냉동·냉장시설이 복합화되고, 건물의 규모도 기존 2층 이하, 연면적 5천 평 내·외의 규모에서 최근에는 3층 이상, 1만 평 이상 규모로 대형화되고 있다. 물류효율을 높이기 위해 단일건물 형태에서 벗어나 물류단지 주변으로 확장하는 형태의 개발이 많이 이루어지고 있으며, 꾸준한 가격 경쟁력과 수요를 확보하기 위해 용인, 이천 등 수도권 일부 지역 및 인천, 부산 등 항만 요지에 물류창고의 건설공사가 집중되고 있다.

최근 5년 간(2016~2020) 물류창고업 등록현황은 아래의 표와 같이 2020년 735개소로 2016년 177개소 대비 315%(558개소) 증가한 것으로 나타났다.

[표1] 최근 5년간 물류창고업 등록현황(2016~2020)

구분	합계	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년
창고업	1,823	177	306	259	346	735

현재 운영 중인 물류단지는 23개소이고, 이중 10개소가 경기도에 집중돼 있다. 공사 중인 물류단지는 8개소, 검증 통과된 물류단지는 19개소이다. 운영 중인 23개 물류단지는 지정고시 후 건설 사업종료까지 평균 7년이 소요되는 것으로 알려져 있다. 향후 검증 통과된 물류단지를 중심으로 건설공사현장은 지속적으로 증가 예상된다.

한편, 물류창고 건설종사자 현황에 대한 공식통계는 없는 것으로 확인된다. 이에 따라 물류창고 건설 종사자 수를 추정하기 위해 산업안전보건법 시행규칙 제4조 별표1의 4호에서 규정하고 있는 상시근로자 수 산출방식을 일부 변형하여 적용하고, 또한 공단에 접수된 최근 5년간(2016~2020)의 유해위험방지계획서 심사현황을 토대로 물류창고 현장의 상시근로자수를 추정해 보았다. 계획서 제출대상 물류창고 현장에 대한 분석결과 현장 수는 2016년 30개소에서 2020년 100개소로 233%(70개소) 증가하였으며, 추정 근로자 수는 5,775명에서 24,263명으로 320%(18,488명) 증가한 것으로 분석되었다.

물류창고 건설현장의 실상

작년 4월 경기도 이천시 모가면 한익스프레스 냉동창고 신축공사 현장에서 내부 마감작업 중 화재가 발생하여 38명이 사망하고 10명이 부상하는 대형 인명피해가 났다. 이천화재사고 이후 범정부 차원의 건설현장 화재안전 강화대책을 마련하였음에도 불구하고 경기도 용인에서 다시 운영 중인 물류센터 건물에서 화재가 발생하여 다수의 사상자가 발생하였다.

최근 10년 간(2010년~2020년) 건설현장에서 단일사고로 10명 이상 사상자가 발생한 대형사고는 총 14건(사망 68명, 부상 160명)이며, 물류창고에서 발생한 사고로 인한 강도(29명/건)가 가장 높았다. 발생형태로 보면 화재·폭발에 의한 재해가 전체의 35.7%를 점유하여 강도 또한, 사고 건 당 24.6명으로 가장 높았다. 특히 물류창고의 화재·폭발 사고는 증가추세에 있으며 약 10년을 주기로 반복[1]하여 발생하는 특징이 있다.

냉동·냉장창고에서 주로 사용되는 우레탄 폼 패널 및 우레탄 스프레이 마감재는 화재에 취약하여 재료 자체가 화재발생 시 내·외부 화염의 급속한 확산의 연결고리로 작용할 수 있으며 연소 시 다량의 유독가스가 발생되는 특징이 있다. 이천 화재사고의 경우 최초 화재가 목격된 후 건물 전체가 화염과 연기로 휩싸이는데 까지 불과 2분 25초밖에 소요되지 않았다. 또한 사상자의 대부분이 최초 발화지점과는 공간적으로 거리가 있던 건물의 반대편에서 작업을 하고 있었으나 대피에 실패하여 유독가스에 희생되었다는 점에서 우레탄 화재의 위험성은 실로 놀라울 수밖에 없다. 물류창고 공사 특성상 냉동기와 연결배관, 부속설비 등에 대한 용접작업이 빈번하게 이루어져야 하고 우레탄 폼, 보양 비닐 등 가연성 자재의 사용량이 많은 실정이므로 화재의 위험성은 항상 도사리고 있다.

문제 제기: 물류창고 건설현장 위험성

물류창고 건설프로젝트는 단기수익 추구릴 위해 짧은 공사기간, 저비용, 고효율을 추구하게 되고, 공정관리 · 공법변경 등을 통한 공기단축 및 공사금액 절감방안을 모색하게 되어 안전시설에 대한 투자는 적극적이지 못하다. 또한 원가절감, 물류 트렌드 변화대응 등을 이유로 공사 중에도 발주자의 요구 등에 의해 잦은 설계변경이 발생하며 이는 작업의 위험 증대 및 공기부담 요인으로 작용한다. 물류창고 공사의 대부분이 민간자본에 의해 최저가 낙찰제로 공사가 추진됨에 따라 국가 및 공공기관 발주공사에 비해 발주, 설계, 시공과정에서 관리감독의 사각지대가 많아질 수밖에 없다.

전반적으로 공사관계자의 현장 관리역량이 미흡하고, 발주자 및 감리자도 물류창고 공사에 특화된 안전보건 전담조직 및 건설안전 전문인력을 보유하지 않아 실효성 있는 안전보건 감독업무 수행에 한계가 있다.

1) 1998년 부산 냉동창고 화재(27명 사망, 17명 부상), 2008년 이천 냉동창고 화재(40명 사망, 10명 부상)

공사기한을 맞추기 위해 여러 공종의 작업자가 동시 투입되어 작업하는 과정에서 우레탄 폼, 화학물질, 보양재 비닐 등 가연물이 주변에 산재된 상태로 용접작업이 이루어지는 위험작업 상황은 빈번하다.

화재감시자는 대부분 협력업체를 통해서 배치한 후 산업안전보건관리비로 인건비 등을 집행하고 있으나 화재감시자의 책임과 역할이 모호한 사례가 발견된다.

방화문, 방화셔터 등 방화시설은 주로 공사 마무리 단계에서 설치되므로 이천 화재사고와 같이 공사 중 화재 발생 시 방화시설로서의 적정 기능구현이 어렵고, 소방시설의 경우에도 냉동창고 내부에 방화구획 및 방화시설을 설치할 경우 스프링클러의 설치가 법적 의무사항에 해당하지 않으며, 작업장에 설치되는 스프링클러의 경우에도 공사 중에는 현실적으로 작동시키기 어렵다.

비상조명 설비, 간이피난 유도선 및 비상경보설비 등을 설치해야 하나 공사 처음부터 설치되지 않았거나 마감작업에 간섭 등을 이유로 설치와 철거가 빈번하게 반복되는 과정에서 조기에 해체되어 실제 위험상황에서 실효성을 확보할 수 없는 경우가 많다.

위험상황에 대비한 비상조치계획이 수립되지 않았거나 현장 실정에 맞지 않은 일반적인 내용으로만 획일적으로 작성되어 실제 비상상황 발생 시 현장 적용성이 부족하며, 비상조치계획이 잘 수립되어 있다 하더라도 계획에 따른 피난훈련이 잘 이루어지지 않은 등 비상시를 대비한 체계적인 비상조치 예방활동이 미흡한 경우가 많다.

해결과제 제시

(1) 사업구조 및 시스템 개선

최저가 낙찰제를 통한 공사발주는 부적격 업체 난립 등으로 인한 문제발생 소지가 높으므로 최적격 낙찰제 도입이나 발주·입찰과정에서 기술자문위원회 심의절차를 마련하여 적정 공사금액 및 공사기간을 확보할 수 있는 방안 마련이 필요하다.

(2) 설계·시공 기술성 개선

설계단계에서 시공여건 및 안전성에 중점을 둔 설계를 적극 도입하여 해당 설계에 적합한 시공방안을 구체적으로 제시하여 시공단계에서의 오류로 인한 위험을 최소화 할 수 있도록 할 필요가 있다.

(3) 위험작업 및 비상상황 관리

현장 자체적으로 작업허가제를 마련하여 관리감독의 눈길을 벗어난 임의작업이나 위험구역 출입자에 대한 통제가 필요하고, 위험공종 작업의 경우에는 반드시 선·후행 공정관리를 통해 계획된 절차와 공사일정에 맞추어 해당공사가 진행되도록 철저한 관리가 필요하며, 현장 여건 및 작업상황에 적합한 비상대피계획을 수립하여 원·하청 및 관할 소방서와 합동 비상대피훈련 실시 등 피난훈련을 정례화 하거나 불시에 실시하여 비상상황에 대한 대처능력을 키울 필요가 있다.

(4) 현장밀착형 안전관리 강화

작업지휘자나 감시인을 배치할 경우 해당 분야에 경험 및 기술을 갖춘 전문인력을 배치하여 작업 진행상황에 맞춰 밀착 감시할 수 있도록 하고 안전에 저해되는 방식으로 작업을 하거나 불안전한 행동을 유발하는 경우 즉시 작업을 중지시키고 통제할 수 있도록 권한을 부여해야 한다.

(5) 물류창고 방재시스템 재정비

물류창고 건물내부는 다수의 구획, 칸막이 벽 및 미로 형태의 통로 등 복잡한 구조로 이루어지므로 더 높은 수준의 방재 시스템이 갖추어질 필요가 있다.

(6) 법·제도적 개선방안

공공 발주공사에 대해서만 시행 중인 설계안전성 검토(DFS) 제도를 민간공사에 확대 적용하여 안전성을 도모할 필요가 있으며, 설계·시공단계 주체별 안전성 검토 역량 향상 및 실무 적응력 강화를 위한 표준 업무절차서 및 교육시스템 마련이 필요하다. 건축물의 피난기능을 강화하기 위해서는 피난계단, 출입구, 비상구 등을 종합적으로 고려해 개선할 필요가 있고, 화재위험에 대비하기 위해 획일적으로 규정된 방화구획 설정기준을 피난동선과 연계하고, 방화구획 설치시기를 명기하며, 건축물의 내·외부 마감재료의 난연등급 설치요건 및 난연성능 평가방법, 성능기준을 강화·보완해야 한다.

(7) 위험현장별 DB 구축

물류창고 건설현장 및 물류센터 운용개소의 DB를 구축하여, 위험공종에 맞춰 적기에 점검·지도를 실시하고, 사고사례와 안전 신기술을 공유할 수 있는 시스템을 구축해야 한다.

Ⅳ. 노동자 숫자만큼 늘어 날 로봇 사용환경의 위험성

늘어나는 로봇

2019년 기준 우리나라는 싱가포르 다음으로 로봇밀도가 높아 노동자 1만명 당 로봇 대수가 868대였다. 국내 모 대기업 조사결과에 따르면 2017년 245억 달러 수준의 글로벌 로봇 시장은 연평균 성장률 22%를 기록해 2020년 말 444억 달러 수준에 이르렀고, 특히 코로나19의 여파로 급변하는 경제, 사회적 흐름에 따라 2025년까지 연평균 32%의 성장세를 기록해 1,772억 달러(약 194조 원) 규모로 커질 것으로 전망되고 있다.

로봇을 사용업종으로 분류하여 제조용, 건설 및 조선용, 그 외 서비스로봇으로 구분할 수 있다. 먼저 제조용로봇은 이적재용, 공작물 탈착용, 용접용, 조립 및 분해용, 가공용 및 표면처리용, 바이오 공정용, 시험검사용 등으로 사용한다. 건설 및 조선용로봇은 도장용, 내화뿜칠용, 3D 프린트용로봇이 있다. 서비스로봇에는 물류로봇, 의료로봇, 접객로봇, 음식배달로봇 등이 매출 출하대수 규모 관점에서 앞으로 가장 유망할 것이라고 예상되며, 웨어러블(외골격)로봇, 군사로봇, 농업로봇 등 특수분야 로봇 시장도 성장세를 보일 것으로 기대된다. 특히, 웨어러블(외골격)로봇의 경우 거동

불편자의 이동 지원은 물론 산업현장의 노동자 근력 지원에도 활용되고 있다. 개인서비스로봇 시장은 현재 서비스 로봇 시장 중 가장 대중화되고 규모가 큰 청소로봇, 교육 · 연구용로봇, 취미 · 완구 등 엔터테인먼트로봇뿐만 아니라 소셜로봇(사람과 교감하는 로봇)의 비중이 빠르게 성장할 것으로 전망된다. 이외에도 돌봄로봇, 푸드테크로봇, 보안(경비 · 순찰)로봇, 소방 · 구조로봇, 주차로봇, 치킨로봇, 방역로봇, 셰프 및 바리스타로봇, 설거지로봇 등 우리 일상생활 곳곳에서 활용되고 있거나 상용화가 진행 중에 있다.

문제 제기: 사람과 협업할 협동로봇은 안전한가?

사람과 로봇의 작업공간 분리는 사람의 안전을 확보하기 위해서 필수불가결한 요구조건으로 인식되어 왔지만, 최근 들어 산업현장에 보급되고 있는 협동로봇(Collaborative Robot)은 이러한 기존 관념을 일대 혁신하는 로봇 역사상 가장 획기적으로 사용방식의 변화를 일으킨 제품이다. 협동로봇은 사람의 인지능력, 로봇의 운동·작업 능력, 지구력 등을 결합하여 생산성 향상을 꾀한 노력의 결과물로 2013년 독일 폭스바겐 자동차 공장에 처음 설치되었으며, 한국은 그로부터 5년 후인 2018년 두산인프라코어 공장에 협동로봇이 설치되었다.

국제로봇연맹(IFR)의 보고에 따르면 협동로봇은 전체 산업용 로봇 시장에서 2017년 6%에서 2018년 11%, 2019년 16%, 2020년 21%로 꾸준한 성장세를 보이고 있으며 2021년에는 24%를 차지할 것으로 예상하고 있다. 2025년까지 92.1억 달러 규모로 성장할 것이라고 전망하고 있으며 산업용 로봇 시장에서 차지하는 협동로봇의 비중은 2025년에는 37%까지 증가할 것으로 예상하고 있다.

국제적으로 협동로봇 안전요구조건이 표준안으로 정리 되어 있지만, 접촉·충돌 안전성 평가와 관련된 실행기술이 아직 충분히 개발되어 있지 않다. 해외 위험성평가 전문기관에서도 이러한 위험성에 대한 평가기술이 아직 준비되어 있지 않다. 안전한 로봇과 로봇의 안전한 활용은 서로 다른 개념이라는 점을 인식할 필요가 있다. 협동로봇은 그동안 인증, 안전검사 등과 관련된 법규의 모호성과 공백으로 인해 시장 확대에 어려움이 있었다. 심지어 이동식 협동로봇은 관련 안전 기준이 미비해 현장 활용이 불가능했다.

협동로봇 도입과 함께 시작된 인간-로봇 공존시대에, 로봇은 기존의 공간분리형 로봇과는 비교할 수 없이 '다양한 활용성'과 '위험성평가의 경우의 수'가 존재하기 때문에 기존의 포지티브 규제 체계로는 대응이 어려우며, 위험성 평가에 기반한 유연하고 포괄적인 접근 방법을 요구하고 있다. 로봇시스템에 사용되는 다양한 전기·전자 제어시스템의 신뢰성과 관련된 위험성을 고려할 때 기능안전성(Performance Level) 개념의 적극적 적용이 불가피해지고 있다. 국제표준기구에서 논의·제정되고 있는 로봇 관련 표준에서는 이미 10여 년 전부터 '위험성 평가'와 '기능안전성', 이 두 개념을 협동로봇의 안전요구조건을 구성하는 매우 중요한 요소로 사용하고 있지만, 한국 로봇안전 인프라 내에서는 아직도 이 두 개념은 충분히 도입되지 못하고 사용자나 평가자 양쪽 모두 낯설고 어려워한다.

지능형로봇들의 사고사례

[표2] 지능형로봇 도입 관련 사고사례

구분	사고 내용
물류	미국 아마존 물류센터에서 로봇이 곰 퇴치용 스프레이를 파손시켜 24명 가스 중독
	로봇공간에서 장애물을 제거하던 작업에서 스트레스로 번아웃 호소
배달	캘리포니아 산책로에서 운행하던 식품배달로봇에서 화재 발생
경비	2016.7월, 캘리포니아 쇼핑센터 경비로봇(136kg)이 16개월 아이를 충격
	워싱턴하버컴플렉스를 순찰하던 경비로봇이 분수대로 돌진 파손됨
안내	중국 심천 2016 하이테크박람회장에서 로봇난동으로 디스플레이 부스창문이 손상
	일본 호텔에서 코고는 소리도 음성명령으로 인식하는 등 오류로 활용 중단
	쇼핑몰에서 정보제공, 체온측정, 노래와 춤을 추던 로봇이 에스컬레이터에서 전도
실험	2016. 6월 러시아 페름에서 실험실 로봇이 도로에 진입하여 배터리 방전돼 멈춤
방송	스코틀랜드에서 라이브중계를 위해 도입한 AI가 대머리 심판의 머리를 축구공으로 인식
이슈	뉴스사이트 Reveal은 아마존 물류창고에 로봇이 도입되면서 사고가 2배 늘었다고 주장

최근 10년 동안 국내에서 산업용로봇으로 인해 총 355명의 재해자가 발생하였고 그 중에서 29명은 사망한 것으로 확인된다. 즉, 산업용로봇으로 인한 재해가 발생할 경우 100명의 재해자 중 8명은 사망하는 것이다. 산업용로봇으로 인한 재해는 제조업에서 주로 발생하며, 제조업 중에서도 자동차 부품 제조업에서 많이 발생하는 것으로 확인된다. 그리고 전 업종의 재해 사망비율보다 산업용로봇으로 인한 재해 사망비율이 약 8배 높고, 산업용로봇으로 인한 근로손실일수는 전체 제조업 재해자의 근로손실일수보다 약 2배 이상 많은 것으로 분석된다.

전통적인 외관과 역할의 산업용로봇이 주로 활동하던 제조업종 외 산업영역으로 여러 다른 형상의 다양한 역할을 수행하는 로봇들이 밀려들어오기 시작했다. 그 선두에 협동로봇이 있고 그 뒤에 종류를 헤아릴 수 없는 수많은 서비스로봇들이 있다. 과연 그 로봇들이 일으킬 산업현장의 새로운 위험성은 무엇인지 고찰 해 보아야 할 때다.

해결과제 제시

협동로봇이 사업장에서 어떠한 형태로 도입되어 운영되고 있는지에 대한 실태조사를 통해 DB를 구축하고, 작업 위험성과 이를 제거 또는 감소시키기 위한 각종 안전조치들에 대한 분석을 통해 근로자 안전을 확보할 수 있는 방안에 대한 연구가 필요하다. 이동식 협동로봇에 대해서도 안전 요구사항 및 성능 평가에 관한 기준이 국내외적으로 시급히 마련되어야 할 것으로 보인다.

물류로봇의 경우에는 향후 사고발생이 가장 우려되는 분야이다. 물류로봇의 안전성과 관련한 국제표준은 지난해 2월에야 제정되었으며, 국내 규격으로는 도입도 되지 않은 상황이다. 물류로봇 사용 시 발생할 수 있는 위험성과 안전성 확보 방안에 대한 연구는 없었다. 제조업 및 물류창고 등에서 사용되고 있는 물류로봇의 종류와 위험성 및 안전조치 사항 등에 대한 실태조사를 통해 안전을 확보할 수 있는 기술적, 정책적 방향에 대한 연구가 필요하다.

향후 자율주행 기능을 갖춘 서비스로봇, 무인배송로봇 등은 초고속통신을 이용하므로 해킹을 당할 경우 로봇이 원격제어를 당할 수 있으므로 해킹을 방지할 수 있는 안전기준 강화가 필요하다.

주행할 수 있는 로봇은 배터리가 필요하므로 화재에 충분히 대비하여야 한다. 물류창고의 경우 내부 마감재의 화재위험성이 높으므로 물류창고 내에서 작동하는 로봇의 배터리는 화재에 완벽히 안전한 제품이 적용되어야 한다. 또한 경사지 이동 중 전도의 위험성을 방지하기 위해 적절히 설계·제작되어야 한다.

로봇에는 수많은 센서를 부착하여 판단과 제어에 이용하고 있다. 센서 오류로 인해 사고가 발생하지 않도록 설계되어야 한다.

로봇 사용 중 발생한 사고에 대한 자료 수집 및 원인분석 DB구축을 통해 안전대책을 마련하여 로봇 제작 및 운영에 피드백을 통해 동일유사 사고가 발생하지 않도록 활용하기 위한 고민이 필요하다.

V. 사망사고 예방: 전통방식의 개선점과 새로운 접근법

이상과 같이 4차 산업혁명, 코로나19와 함께 이미 우리가 맞이한 새로운 이슈들에 대해 논의해 보았다. 2019년 우리나라 산업현장에서 사망사고로 855명의 노동자가 사망했다. 여전히 매년 8백여 명 이상의 노동자가 사고로 현장에서 숨지고 있다. 이러한 사망사고를 감소시키는 방안을 찾고자, 전통적으로 대형사고의 위험성이 늘 잠재해 긴장의 끈을 놓을 수 없던 (석유)화학공장에 대해 종합적으로 정리하면서 통합안전관리와 IoT의 연계 가능성을 고찰하고, 사망사고 예방에 시각 AI기술의 활용 및 시스템안전의 접목 방향성 탐색에 대해서도 마지막 주제로 시도해보았다.

4차 산업혁명과 포스트코로나 시대의 (석유)화학공장 사망사고 예방

우리나라 석유화학공업은 울산석유화학단지가 조성('62 ~ '63)되면서 정유공장 건설과 더불어 석유화학공업이 태동되기 시작하였고, 여수석유화학단지('79)와 대산석유화학단지가 조성('90 ~ '91)되면서 정밀화학공업과 환경산업이 발전되었다. 한국석유협회에 따르면 이들 석유화학단지에는 2019년 6월 현재 약 1,300여 개소의 화학공장이 있으며, 전체 화학산업의 약 0.3%를 차지하나, 화학물질 유통량은 약 56%를 차지하고 있다.

화학공장은 유해·위험성이 높은 물질(인화성, 산화성, 독성, 부식성, 폭발성 물질 등)을 대량으로

사용(국내 약 5만종 이상 유통)하고, 사용설비는 고온·고압에서 운전되기 때문에 화재, 폭발, 독성가스 누출 등의 잠재위험성이 높고, 사고발생 시에는 사업장 내의 인명, 시설, 재산 등의 피해뿐만 아니라 인근지역의 주민과 환경에 이르기까지 막대한 피해를 일으킬 수도 있다.

우리나라 화학산업은 설비의 노후화, 사용시설의 복잡성, 사용물질의 다양성으로 인해 사업장 마다 위험 정도가 서로 다르고, 근로자의 구성도 복잡함으로 이를 고려하지 않고 획일적인 규제와 지도에 의존하는 안전관리 방식으로는 선진국 수준의 안전관리에 도달하는 것은 매우 어렵다.

사업장마다 서로 다른 특성을 가진 화학공정은 사고 예방 및 대응을 위해서는 설계, 건설, 운전, 유지·보수에 대한 다중 계층적인(multi-sacle)의 계층적인 안전관리가 필요하며 이 중에서 하나의 결함이 발생하는 경우에는 대형사고가 발생하거나 막대한 사고피해를 야기하므로, 사업장 스스로 사업장 특성에 맞는 안전관리를 정착시켜야만 중대사고를 예방하고, 사고 시에도 그 피해를 최소화 할 수 있다.

따라서, 이상징후 또는 중대결함을 조기에 발견하기 위한 화학설비 건전성 안전관리 기술을 조속히 개발하여 석유화학회사에 보급하거나 산단의 통합안전관리시스템에 구축·운영할 필요가 있다.

현재 국내 모석유화학회사에서 개발한 IoT기반의 「밀폐공간 유해가스 감지 시스템」과 같이 각종 센서 등을 활용한 작업자의 위치 및 행동인식을 기반으로 작업 전 위험지식을 제공하는 인공지능 어시스턴트 기술의 개발이 필요하다. 작업자 정보뿐만 아니라 현장의 위험 정도, 주요 관리사항 등을 모니터링 할 수 있는 통합안전관리시스템의 개발·적용이 요구된다.

포스트코로나, 시각 AI기술을 활용한 사망사고 예방

사망사고를 예방하고자 많은 분야에서 인공지능을 활용하지만 여전히 기술적 난제로 성공하기는 힘들다. 다양한 안전사고로부터 사람들의 안전을 확보하기 위해서 많은 카메라가 설치되고 CCTV를 통해서 위험을 감지하는 노력이 수반되고 있으나, 노동 집약적인 특성으로 큰 효과를 얻지 못하고 있다. 실제 통합관제센터에서 운영되는 데이터 중 5%만이 육안으로 확인되고 있으며, 95%의 데이터는 단 한 번도 보지 않고 사라지고 있다.

현장에서 다양한 기술이 활용되지 못하고, 다음과 같은 문제들로 인해 통합적인 관제를 기대하기 어렵다.

- 높은 집중력을 요구: 사람이 집중할 수 있는 시간은 한계가 있고, 공간적으로 갇혀 있는 상황에서 관제 능력이 떨어지기 때문에 좋은 성과를 얻기 어려움
- 시스템이 직관적이지 못하고, 복잡: 지능형 시스템의 많은 기능에 있어 사람의 개입이 필요하고 복잡한 경우가 많아 실효적인 측면에서 매우 미흡한 상황
- 저렴한 인건비의 인력 활용: 기술의 발전은 필요에 따라 이루어지지만, 현재는 저렴한 인건비로 인해 고사양의 시스템 대신 사람을 고용하는 것이 도리어 효과 큼 (실제 5,000만 원짜리 장비를 도입하기보다는 3,000만 원 연봉의 인력을 고용하는 것이 더 효과적임)

일각에서는 기술적 난이도가 높은 인공지능 기술에 집중하기 보다 문제를 세분화하여 해결해나가는 연구를 지속적으로 추진해 왔다. 큰 문제를 해결하기 위하여 작은 문제로 나눠서 해결하는 접근법을 도입한 것으로 이러한 방법들은 효과적이지만 적용 가능한 행동이나 사건의 종류가 매우 제한적이라는 단점이 있다. 최근에는 이러한 작은 기술을 결합하여 많은 문제를 해결하려는 노력이 진행되고 있다.

예를 들면, 도로에서 차가 멈춰선 상황 자체를 문제의 초점으로 한정하는 것이다. 차가 일정시간 이상 멈춘 것은 사고나 사건으로 볼 가능성이 높기 때문에 문제에 쉽게 접근할 수 있다. 또한, 정상적인 차량의 흐름에서 역주행하는 차량이나 반대방향으로 뛰는 사람을 찾고 이러한 것들을 비정상으로 정의하는 것이다. 시각지능을 활용하는 과정에 문제 가능성 있는 이슈는 다음과 같다.

(1) 개인정보·사생활 침해 이슈

시각지능에서 활용되는 데이터는 대부분 개인정보를 포함하고 있고, 또한 관제하는 데이터에도 개인정보가 포함되어 있기 때문에, 사람이 개입되면 어느 정도는 개인정보가 노출된다고 볼 수 있다. 최근에는 이러한 이슈를 상쇄하기 위해 실시간 비식별화에 대한 연구도 활발하게 진행되고 있다.

(2) 기술적 보조로서 인공지능

기술적인 관점에서 사람을 보조하는 것은 사람보다 잘하는 것을 수행하게 하고 사람에게 그 결과를 가시화하여 보여주는 기술이다. 가장 많이 사용되는 내용은 선별적 관제로 영상에서 변화를 지속적으로 추적하여 의미 없는 변화는 무시하도록 하는 기술이다.

(3) 근본적인 행동이나 상황을 확인하는 기술

온라인 추적, 오프라인 검색을 제공하는 일련의 서비스 연계 기술이 그 예이지만, 이 기술을 구현하기 위해서는 너무 많은 컴퓨팅 자원이 필요하고 기술 간의 격차가 발생하여 연동이 쉽지 않다.

(4) 작지만 확실한 기술에 대한 접근

인공지능으로 구성된 다양한 요소 기술을 작게 만들고, 이를 다시 결합하는 방식으로 시스템을 구성하여 기존 대비 1/5 컴퓨팅 자원으로 실시간 탐지가 가능한 시스템을 제시하고 작아진 만큼 연동도 수월하게 진행할 수 있다.

시각 인공지능 기술을 활용하여 사망사고를 줄이기 위해서는 단계적 접근이 필요하다. 특히, 하나의 대형 시스템으로 구성하여 적용하는 것은 실질적으로 어렵다. 핵심이 되는 사건 또는 사고를 나눠 기술을 적용하고 점차 확대하는 전략이 필요하다. 작금의 시스템 기술보다는 향후 개발되는 시스템을 가정하여 기술을 개발하고, 실증은 이보다 한발 먼저 나가는 형식이 필요하며, 작은 시스템에서 점차 대상을 키우는 방식의 기술적 접근이 성공 가능성을 높인다.

포스트코로나, 사망사고 예방에 시스템안전 접목 방향성 탐색

산업기술의 빠른 변화 속도, 새로운 위험의 형태, 과거 이론을 적용하기 어려운 단순한 사고의 감소, 시스템 복잡성과 연계성의 증가, 인간과 자동화 시스템 간의 복잡한 관계가 확대됨에 따라 사고에 대한 시스템적 접근의 필요성이 커지고 있다(Leveson, 2004). 기존의 접근방식이 재해를 감소시키는데 효과가 있었지만 사고 관련 원인 요소들이 다양해지면서 이러한 법적인 사항만으로는 근본적인 사고예방 대책을 제시하기가 어려워지고 있다.

일상적인 작업보다는 비일상적인 작업 중에 사고가 발생하는 비율이 높아지고 있다. 특히, 정비보수와 같은 비일상 또는 비정형 작업은 대상 설비와 작업의 유형이 다양하기 때문에 산업안전보건법 및 관련 규정에 안전에 관한 내용을 모두 포함시키기 어렵다(서동현 등, 2019). 따라서 법적인 내용과 함께 시스템 전반적인 부분에 대한 조사 및 분석을 통해 문제점을 찾고 그에 대한 해결방안을 제시할 필요가 있다.

복잡한 운영구조와 조직체계를 가진 사업장에서 발생한 사고는 단순하게 보일지라도 실제로는 다양한 요인들이 사고 발생에 기여했을 수 있다. 이러한 사고를 법, 규범에 기반하여 접근하거나 기존의 사고분석 방법으로 접근하면 사고에 기여한 다양한 원인을 파악하는데 한계가 있을 수 있다. 따라서 이를 효과적으로 분석하기 위해서는 시스템적 사고 분석기법 적용이 필요할 것으로 판단된다.

분석 대상을 원청(A사), 생산조업 협력업체(B사), 설비관리 협력 업체(C사)로 확대하여 각각의 역할과 책임을 명확히 파악하고, 부서 및 업체 간 의사소통의 문제, 안전문화의 문제까지도 체계적으로 분석할 필요가 있다.

하나의 사업장 내에서 여러 협력업체 작업자가 일하는 구조에서는 작업절차가 복잡해지고, 절차관리상의 오류가 발생하기 쉽다. 특히 정비보수 작업 시 여러 협력업체가 참여하는 상황이 빈번하게 발생할 수 있기 때문에 실제로 작업이 진행되는 모든 절차에 대해 분석하고 문제점을 찾아 개선하는 것이 필요하다.

학자에 따라 의견 차이가 있긴 하지만, 시스템적으로 사고를 분석하고 예방대책을 제시하기 위한 대표적인 방법으로는 AcciMap, STAMP, FRAM이 있다.

시스템적 사고분석은 사고가 발생한 이후에 수행하는 사후적인 절차이기 때문에 사고를 예방하기에는 한계가 있을 수 있다. 사고를 사전에 예방하기 위해서는 위험성평가를 통해 미리 위험요인을 발견하고 예방대책을 수립하여 시행할 필요가 있다. 시스템적 사고분석 및 위험성평가의 도입 및 확대를 위해 다음과 같은 연구과제의 수행이 필요할 것이다.

(1) 시스템적 사고 분석 관련 연구과제

- 사고 유형 및 특성별로 어떠한 기법을 적용하는 것이 효과적인지에 대한 연구
- 업종별, 산업별 특성을 고려한 시스템적 사고분석 모델 개발 연구
- 시스템적 사고분석 사례를 제공하기 위한 사례분석 연구
- 시스템적 사고 분석을 수행하기 위한 매뉴얼 개발 연구
- 시스템적 사고 분석을 통해 발견된 문제점의 해결방안 도출에 대한 연구
- 안전보건관리체계 측면에서 사고 발생 메카니즘 연구

(2) 시스템적 위험성평가 관련 연구과제

- 예상되는 사고 유형 및 특성별로 어떠한 기법을 적용하는 것이 효과적인지에 대한 연구
- 업종별, 산업별 특성을 고려한 시스템적 위험성평가 모델 개발 연구
- 시스템적 위험성평가 사례를 제공하기 위한 사례분석 연구
- 시스템적 위험성평가를 수행하기 위한 매뉴얼 개발 연구
- 시스템적 위험성평가를 통해 발견된 문제점의 해결방안 도출에 대한 연구
- 안전보건관리체계의 효율적 분석 방법에 대한 연구
- 안전보건관리체계의 작동성 향상 방안 연구

참고문헌

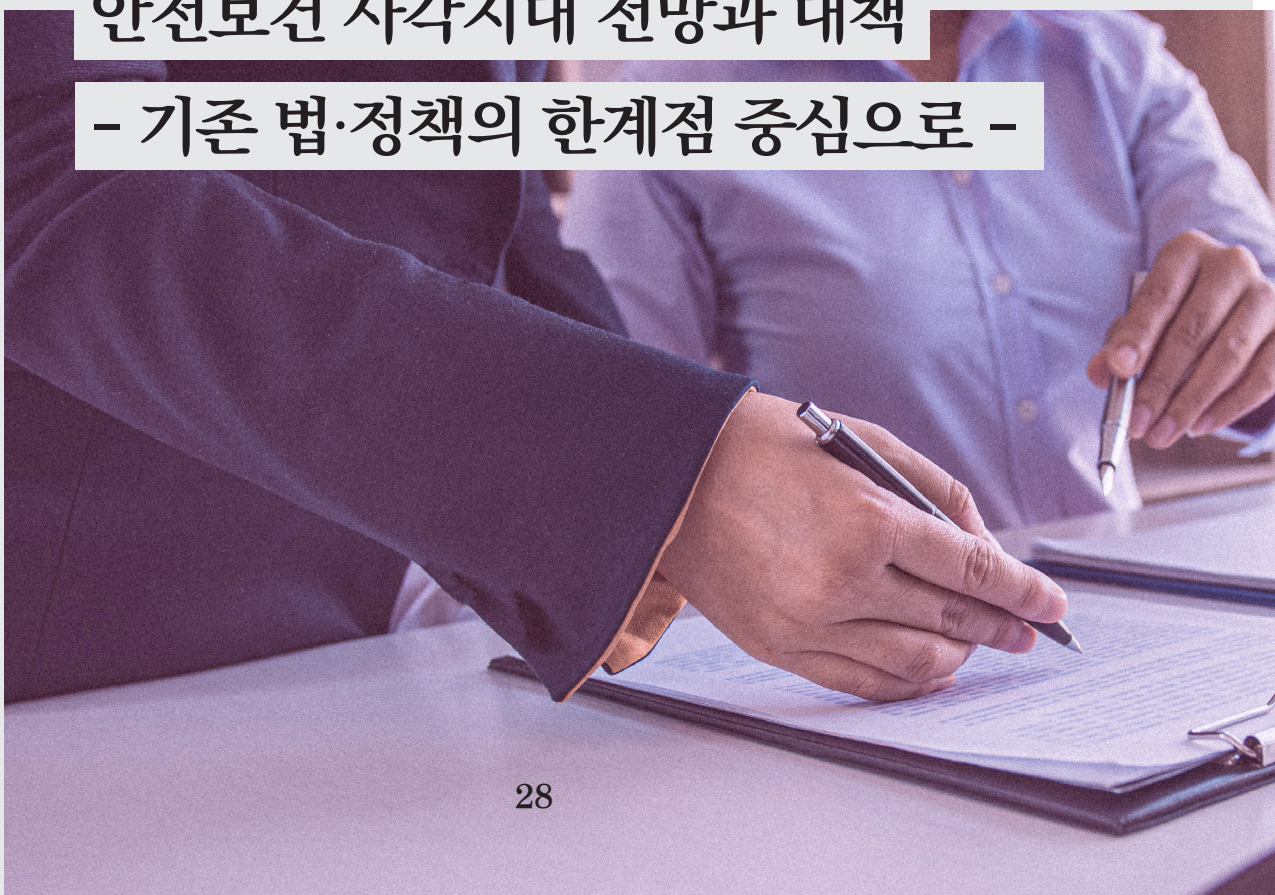
- 국가물류통합정보센터, www.nlic.go.kr
- 권영진 등, 최근의 물류창고 화재사례 조사·분석을 통한 건축방화대책의 개선 및 인명안전 기준의 필요성, 한국건축시공학회, 2020
- 문태웅, 대형 물류창고 화재안전 개선대책에 관한 연구, 가천대학교, 2014
- 산업안전보건연구원, 2021 산업안전보건포럼 자료집, 2021
- 서동현 등, PSM 대상 사업장에서 비일상 작업 시의 재해 조사 연구, OSHRI, 2019
- 서동현 등, 화학공장 화재·폭발 사고사례의 시스템적 원인분석에 관한 연구, OSHRI, 2020
- 손문범, 샌드위치패널 냉동창고의 화재 확산원인 및 개선방안에 대한 연구, 서울시립대학교, 2011
- 염건웅, 대형화재사고 예방을 위한 정책적 대응방안 연구, 한국법학회, 2020
- 이치주, 건설산업재해 감소를 위한 설계안전성검토(DFS)와 건설정보모델링(BIM)의 적용방안, 국토연구원, 2020
- 장지연, 플랫폼 노동자의 규모와 특징, 한국노동연구원, 2020
- 최서연 등, 배달산업 종사자 실태조사를 통한 안전관리모델 개발 연구, 안전보건공단, 2019
- Leveson, N. A New Accident Model for Engineering Safer Systems, Safety Science, Vol. 42, No. 4, pp. 237-270, 2004.
- TAAS 교통사고분석시스템(http://taas.koroad.or.kr)

02

산업안전보건연구원 안전보건정책연구실
김명준 부장

고용노동환경 변화와 안전보건 사각지대 전망과 대책

- 기존 법·정책의 한계점 중심으로 -



주요 내용 요약

| 디지털 기술의 발달과 함께 고용노동환경은 큰 변화가 시작되었고 '새로운' 또는 '특수'의 접두어가 붙는 형태가 보편화되는 시대로 접근해 갈 것으로 보임
  - 새로운 고용형태 등의 변화에 적절하게 대응할 수 있는 제도개선 추진 필요
  - 코로나19 이전부터 안전보건 사각지대에 있던 노동자들의 상황은 전염병을 매개로 더욱 악화
  - 이러한 상황 속에서 사업주의 안전·보건조치 의무에서 제외될 수 있는 안전보건 사각지대 노동자 전망과 대응 방안에 대해 고민 필요

| 산안법의 목적인 '노무를 제공하는 자'의 안전·보건조치가 제대로 이루어지기 위해서는 사업주가 보호해야 할 '근로자성'이 인정되는 산안법상 근로자의 범위 확대 필요
  - 고용노동환경의 빠른 변화에 적시 대응하기 위해서는 근로자성 판단기준을 노조법의 근로자 범위처럼 확대할 것을 제안

| 국가적 차원의 산업안전보건 거버넌스 구축을 통한 시스템적 접근이 안전보건 사각지대 노동자의 안전과 보건을 담보할 수 있는 가장 현실적인 대안

I. 고용노동환경의 급변

디지털 기술의 발달과 함께 고용노동환경은 큰 변화가 시작되었고, 그 변화의 속도는 디지털 기술의 발달에 비례하여 지속적으로 변하고 있다. 디지털 플랫폼에 기반한 호출 노동과 사용자(이용자)의 편의와 필요에 따른 온 디맨드 노동 등의 '특수형태' 또는 '새로운'이라는 접두어가 붙는 고용형태가 전 세계적으로 급속하게 확산되고 있는 추세이다.

이런 변화의 속도라면 가까운 미래에는 자영업자와 사업 또는 업무 자체를 위임 또는 위탁하는 사람만 존재하고 전통적인 노동형태의 노동자는 축소될 것이다. 지금까지 각종 노동관련 법령의 규정에 의해 두텁게 보호받아 왔던 전통적인 고용 또는 노동형태는 점차 사라지고, 새롭거나 특수한 노동이 보편화되는 시대로 접근해 갈 것으로 보인다.

이러한 변화에도 불구하고 현재 노동자들을 보호하는 규정은 제조업 기반의 전통적인 고용 및 근로 형태를 기반으로 제도화되어 있으므로, 기존의 법·정책들이 급변하는 고용노동환경 변화에 적용하는데 있어서 한계점에 도달했고, 새로운 고용형태 등의 변화에 적절하게 대응할 수 있는 제도개선을 추진해야 할 상황에 직면해 있다.

지금 우리는 코로나19로 인해 고용노동환경이 급변하고 있다고 한다. 하지만, 코로나19 훨씬 이전부터 고용환경의 변화와 동시에 노동형태도 변화하기 시작했다는 점은 인정해야 할 것이다. 노동관련 법령은 이러한 변화 추세에 발을 맞추지 못하여 법의 보호 밖의 사각지대 노동자가 급증하고 있다. 우리가 지금 심각하게 받아들이고 있는 문제 중 대부분은 코로나19 이전부터 존재했으나 모른척하거나 방치했던 문제들이었고, 코로나19로 인해 이제는 더 이상 외면할 수 없는 한계점에 도달한 것으로 판단된다.

코로나19 이전부터 안전보건 사각지대에 있던 노동자들의 상황은 전염병을 매개로 더욱 악화되었고 사회 공동체의 주목을 받게 되었다. 최근 문제가 되었던 콜센터 노동자들의 집단 감염은 하청노동자들의 열악한 노동환경을 전 국민들에게 환기시켰지만, 하청 노동자들의 열악한 근무환경과 끊임없는 사망사고는 오래전부터 제기된 심각한 문제이다. 또한 디지털 기술의 발달과 코로나19로 인해 가속화되는 고용환경 변화는 전통적인 사업주와 근로자간의 인적 종속적 관계를 희박하게 한다. 새로운 노동자 계층은 '근로자성'이 인정되지 않음에 따라 스스로 작업환경의 위험에 대응해야 한다.

이에 따라 사업주의 안전·보건조치 의무에서 제외될 수 있는 안전보건 사각지대 노동자 전망과 대응 방안에 대해 고민해 보고자 한다.

II. 근로자성 판단 기준

근로기준법

근로기준법(이하 '근기법')은 '직업의 종류와 관계없이 임금을 목적으로 사업 또는 사업장에서 근로를 제공하는 자'라고 규정하고 있다. 근기법 적용대상이 되는 근로자 판단의 핵심적 기준이 되는 '종속적 개념'은 역사적으로 보면 과거 노동자 보호의 필요성이라는 관점에서 '경제적 종속성' 중심의 개념에서 '인적 종속성' 중심의 개념으로 발전되어 왔으나, 이제 '인적 종속성' 개념이 오히려 보호가 필요한 노동자의 범위를 축소시키고 있다.

그 결과 근기법 등의 보호를 받아야 하는 노동자를 제외시키게 되어 법의 보호를 받지 못하는 사각지대 노동자들을 증가시키는 부작용을 초래하고 있다. 노동관련 법령 중에서 근기법 상 근로자 개념이 가장 협의로 규정하고 있으며, 사업주에게 근로자의 안전·보건조치 의무를 부과하고 있는 산업안전보건법(이하 '산안법')도 근기법 상의 근로자 규정을 따르고 있어, 전문가들은 산안법 상 안전보건 사각지대 노동자가 지속적으로 증가할 것이라고 판단하고 있다.

노동조합 및 노동관계 조정법

노동조합 및 노동관계 조정법(이하 '노조법')에서 근로자는 '직업의 종류를 불문하고 임금·급료 기타 이에 준하는 수입에 의하여 생활하는 자'로 규정하고 있다. 여기서 임금은 근기법 상 임금을 말하고, 그 밖에 이에 준하는 수입은 캐디처럼 타인에게 종속적 근로는 아니지만 이와 비슷한 노무를 공급하는 등의 대가로 얻는 수입을 말한다. 근기법 상 근로자는 임금으로 생활하는 자만 포함되고, 임금에 준하는 수입으로 생활하는 자는 근기법 상의 근로자는 아니지만 노조법 상 근로자에는 포함될 수 있다.

임금 등의 수입으로 생활하는 자란 현실적으로 임금 등의 수입을 받고 있는 자 뿐만 아니라 임금 등의 수입을 받으려는 자도 포함된다. 따라서 현실적으로 취업하고 있는 자 뿐만 아니라, 일시적으로 실업 상태에 있는 자나 구직중인 자도 노조법 상 근로자에는 포함될 수 있다는 의미이다.

판례의 동향

개별적 노동관계를 다루는 근기법과 집단적 노동관계를 다루는 노조법은 근로자의 정의를 다르게 규정하고 있다. 종래의 대법원 판례는 학자들의 지배적인 학설과는 달리 노조법 상의 근로자를 타인과의 사용종속적인 관계 하에서 노무에 종사하고 대가로 임금 등을 받아 생활하는 자로 해석함으로써, 사실상 근기법 상 근로자와 동일한 것으로 판단해 왔었다. 하지만, 최근의 골프장캐디 사건에서 노조법 상 근로자란 타인과의 사용종속관계 하에서 노무에 종사하고 대가로 임금 등을 받아 생활하는 자를 말한다. 타인과 사용종속관계가 있는 한 당해 노무공급계약의 형태가

고용, 도급, 위임, 무명계약 등 어느 형태이든 상관없으며, 사용종속관계는 사용자와 노무제공자 사이에 지휘·감독관계의 여부, 보수의 노무대가성 여부, 노무의 성질과 내용 등 노무의 실질관계에 의하여 결정된다고 할 것이고, 그 사용종속관계가 인정되는 한 노조법 상 근로자로 보아도 무방하다는 것이다.

노조법 상의 근로자의 경우 직접적으로 근로계약의 존재가 요구되는 것은 아니므로 그 근로자성 판단 기준의 징표를 임금의 종속성 판단 요소보다는 사용자의 지휘·감독의 정도 및 근로자가 독립하여 자신의 위험과 계산으로 사업을 영위할 수 있는지 등의 주로 '업무의 종속성 및 독립사업자성'을 판단의 평가요소로 삼고 있다는 점이고, 노조법 상의 근로자 개념은 확대되는 것이 판례의 경향으로 보인다.

소결

사용자에게 국가가 최소한의 근로기준을 강제하는 근기법은 사용자와 근로자 사이의 엄격한 '인적 종속성'을 요구하는 반면, 사용자와 근로자가 교섭을 통해 최적의 근로조건을 형성하도록 하는 노조법은 국가가 교섭 당사자를 결정함에 있어 일정한 '경제적 종속성'을 형성하고 있다면 넓은 범주의 노동자를 노조법상 근로자로 인정하는 것으로 보인다. 이처럼 각 법은 그 목적과 보호대상을 고려하여 근로자 개념을 달리 하고 있다.

과거의 산안법은 근기법의 분법으로 보호대상인 근로자를 모법인 근기법과 동일하게 설정해 왔으나, 지난 2019년 제2차 전부개정을 통해 보호대상을 노무를 제공하는 자로 확대한 바 있다. 그러나 안타깝게도 노무를 제공하는 자에는 특수형태근로종사자, 배달종사자로 제한적 확장을 하고 있으며, 아직 기본적인 정의규정 조차 두지 못한 상태이다.

산안법의 목적인 '노무를 제공하는 자'의 안전·보건조치가 제대로 이루어지기 위해서는 사업주가 보호해야 할 근로자성이 인정되는 산안법상 근로자의 범위를 넓히는 것이 필요하다. 고용노동환경의 빠른 변화에 적시 대응하기 위해서는 근로자성 판단기준을 노조법의 근로자 범위처럼 확대할 것을 제안한다.

산안법의 근로자 개념의 확대는 법 적용대상을 하나씩 확대해 나가는 현재의 방식보다 안전보건 사각지대 노동자 범위를 최소화할 수 있다. 이는 우리 헌법이 근로자라는 개념을 통해 특별한 보호를 하려는 취지와도 부합할 것으로 본다.

근로자 개념의 확대는 근로자성 인정 여부에 따라 사업장에서의 안전·보건조치 의무주체를 특정하기 어려운 문제를 해소하고, 산안법 위반 등에 대한 형벌의 부과대상인 피고인을 확정하여 논란을 줄일 수 있을 것이다.

III. 상시근로자, 초단시간노동자·5인 미만 사업장 및 간접고용노동자

상시근로자 수

최근 언론에 보도된 기사에 따르면, 국민 평형이라 불리는 전용면적 84㎡아파트의 거래량 비중이 절반 미만으로 급감하여 '**전용 84㎡ = 국민 평형**'이라는 공식이 깨지고 있다는 기사는 노동자 안전보건 영역에도 시사점이 있다고 본다. 지금까지 '상수(常數)'라고 생각했던 개념이 '변수(變數)'가 될 수도 있다는 사실이다. 산안법이나 근기법 등 노동관계법령 대부분은 상시근로자수를 사업주의 안전보건 확보 등의 의무를 부과하는데 있어 가장 보편적인 기준으로 규정하고 있다. 근기법의 적용을 받은 전통적인 제조업 기반의 사업장에서도 상시근로자가 50인 이상일 경우에 산안법은 안전관리자나 보건관리자 선임의무가 있다고 규정하고 있다.

이러한 규정이 근기법상 근로자성이 인정되는 고용환경에서도 제도적인 보호를 받지 못하는 안전보건 사각지대의 노동자를 양성하는데 어느 정도 역할을 했다고 볼 수 있을 것이다. 특히, 디지털 기기의 발달과 함께 디지털 기반의 플랫폼 노동 등 고용환경 변화로 1인 사업주 및 5인 미만 사업장이 증가할 것이고, 기존 5인 이상 사업장의 사업주는 각종 벌칙 규정에서 벗어나기 위한 방법의 하나로 상시근로자수 축소하거나 분리(일명 근로자수 쪼개기)하는 꼼수도 마다하지 않을 수 있다. 이러한 방법이 사업주의 안전·보건조치 등의 의무를 피하는 가장 쉬운 방법으로 인식될 수 있기 때문이다. 다시 말해, 현실적으로 사업주를 강력하게 처벌하는 법이 제정되거나 벌칙이 강화된다면 사업주가 법의 맹점을 이용할 가능성이 더욱 높아 질 것이고, 그 결과 위험으로부터 보호받지 못하는 안전보건 사각지대의 노동자도 비례하여 증가할 것이다. 고용환경 변화에 따라 새롭게 창출되는 산업현장에서는 상시근로자수가 50명 이상이면 대기업으로 분류될 정도로 직접 고용 상시근로자수를 가능한 축소할 것이며, 그 결과 제도적으로 보호받지 못하는 안전보건 사각지대 노동자 범위는 계속해서 확대될 수밖에 없을 것이다.

초단시간노동자·5인 미만 사업장

근기법은 4주를 평균하여 주당 15시간 미만 노무를 제공하는 자를 초단시간노동자로 규정하고 있다. 디지털 기술의 발달로 인한 고용환경의 변화와 코로나19가 초단시간노동자 증가의 속도를 높이고 있는 실정이다. 사업주는 인건비 축소 측면과 근기법에서 규정하고 있는 각종 의무 사항인 퇴직금 지급 및 연차유급휴가 및 유급주휴일 등을 보장하지 않아도 처벌받지 않도록 규정되어 있어, 사업주들은 가능하다면 이러한 고용형태의 노동자와 계약 체결을 선호하게 될 것이다. 산안법 규정에도 초단시간노동자에 대해서는 예외 규정을 두고 있고, 휴식시간 부여 대상에서도 제외될 수 있기 때문이다. 특히, 5인 미만이나 초단시간노동자 등은 국가적 차원의 고용대책에 있어서도 사각지대에 있고, 노동법상 해고를 당해도 지방노동위원회 등에 구제신청을 할 수 없도록 규정하고 있다. 코로나19와 같은 예상하지 못한 감염병 상황으로 경영이 악화될 경우 가장 해고하기 쉬운

노동자 그룹으로 분류될 수 있기 때문에 해당 노동자들의 해고 불안감 등 스트레스가 가중되어 안전과 건강이 더욱 취약해 질 처지에 있다.

간접고용노동자

민주노총공공운수노조에 따르면, 인천국제공항의 '세계 1등' 명예 이면에는 '다단계 하청', '간접고용 비정규직'이라는 어둠이 존재하고 있다고 한다. 인천국제공항공사 간접고용 비정규직 1만 명은 공공부문 비정규직 문제의 상징이 되었고, 항공사-지상조업사-용역업체 하청구조는 저임금, 장시간 노동의 열악한 일자리를 양산해 왔다고 한다. 또한 갑작스럽게 전 세계를 강타한 코로나19는 약자인 간접고용 노동자의 일자리를 파괴했다고 한다. 그 결과 인천공항 기저질환 '다단계 하청 간접고용'문제가 폭발했다고 지적하고 있다. 노조에 따르면 코로나19가 본격화된 2020년 2월부터 항공사 기내식 하청업체 간접고용 노동자 2,000명 이상이 희망퇴직과 권고사직으로 일자리를 잃었고, 계약갱신으로 업체가 변경되는 등 공항에서 일하는 간접고용노동자들은 해고의 대란으로부터 자유롭지 못할 것이라고 한다.

간접고용노동자에서 사망사고가 반복되고 있지만, 왜 근절되지 않고 산업현장의 안전실태가 크게 변화되지 않는지 그 원인을 파악해 볼 필요가 있다. 2016년 5월 28일 구의역 지하철 스크린 협착(1명 사망), 2017년 5월 1일 삼성중공업 크레인 충돌(6명 사망, 25명 중경상), 같은 해 8월 20일 진해 소재 STX조선 폭발(4명 사망), 2018년 12월 태안화력발전소 협착(1명 사망), 2020년 9월 태안화력 스크루 협착(1명 사망), 2021년 4월 22일 평택항 컨테이너 협착(1명 사망) 등

반복되는 죽음 뒤에 있는 제도적·구조적 문제점을 지적하지 않을 수 없다. 지난 4월 평택항에서 사망한 청년 노동자 또한 그러한 구조적 문제의 희생자일 것이다. 계속해서 발생하는 사망사고 속에서 시민사회는 '위험의 외주화'에 대해 경고해왔으며, 불법적인 하도급에 대해서도 감시와 실효성 있는 조치를 해 줄 것을 요구해왔다. 대통령도 직접 위험의 외주화를 근절하고 임기동안 산재사망사고를 절반으로 줄이겠다는 선언도 했다. 하지만 국가와 제도는 이를 외면했고, 또다시 누군가의 생명을 잃게 만들었다. 많은 경우 이렇게 세상을 떠나는 건 자신을 보호해줄 수 있는 제대로 된 조직조차 갖기 어려운 노동자들, 안전보건 사각지대에 놓인 하청업체 소속의 비정규직인 아르바이트 등 간접고용노동자들이다. 당초부터 이런 비극적인 상황은 예고되어 있었다고 볼 수 있다. 해당 노동자들은 안전교육을 받은 적도 없고, 무리한 업무 지시를 받았으며, 현장에서 안전한 작업을 수행하는데 있어 가장 중요한 역할을 담당하는 안전담당자도 상주하지 않았다. 심지어 산업현장에서 가장 기본적인 안전장구인 안전모조차 없었다고 한다. 관련 업체에서는 일단 무조건 사건을 덮고 싶었던 것일까. 심지어 119 신고하는 절차가 사내 보고보다 우선순위에서 밀려버렸다는 사실을 언론을 통해 다 알고 있을 것이다. 여전히 수많은 사업주들은 유리한 협상 지위를 이용하여 유가족들을 입막음하는데 급급하고, 정부는 위험한 불법 하도급 현장을 방조하며, 입법부는 노동자를 보호하는데 소극적이다. 더 이상 생명이 단순히 비용으로 치환되어 '영업 이익'이라는 구실 하에 무시되어서는 안된다. 철저한 진상규명 및 책임자 처벌이 우선 이루어져야 한다. 또한 산안법 및 중대재해기업처벌법의 사각지대 철폐와 안전기준 강화, 무엇보다도 실효성 있는 예방활동과 점검을 실시하고 위반 시에는 더 이상 '영업 이익'을 생각할 수 없도록 실효성 있는 처벌을 통한 구조적 변화를 도모해야만 할 것이다.

IV. 산안법 제2조(정의) 및 제63조(도급인의 안전조치 및 보건조치)

도급인과 건설공사 발주자의 구분

"도급인"이란 물건의 제조·건설·수리 또는 서비스의 제공, 그 밖의 업무를 도급하는 사업주를 말한다. **다만, 건설공사발주자는 제외한다.** 개정법에 따르면, 건설공사발주자는 관계수급인 근로자에 대한 안전 및 보건조치 의무를 직접적으로 부담하지 않는다. 건설공사발주자는 건설공사의 계획단계에서 기본안전보건대장을 작성하여야 하고, 설계 및 시공단계에서 그 기본안전보건관리대장에 따라 각각 설계안전보건관리대장 및 공사안전보건관리대장을 작성하게 한 뒤 이를 확인하는 등의 산업재해 예방조치 의무를 부담하도록 되어 있다(제67조). 또한 건설공사발주자는 2개 이상의 건설공사가 같은 장소에서 진행되는 경우 안전보건조정자 배치(법68조), 공사기간 단축 및 정당한 사유가 없는 공법 변경의 금지(제69조), 산업재해 예방을 위한 도급인의 요청 시 공기 연장(제70조), 산업재해 발생 우려가 있는 경우 설계 변경(제71조), 도급계약 체결 시 도급금액에 산업안전보건관리비 계상(제72조) 등의 의무를 부담하도록 규정하고 있다.

이러한 건설공사발주자의 의무 가운데, 위반 시 그 자체로 형사책임이 따르는 사항은 **'공사기간 단축 및 공법 변경 금지'**뿐이다. 가장 강력한 권한을 가진 건설공사발주자는 설계도서 등에 따라 산정된 공사를 단축하거나 공사비를 줄이기 위하여 위험성 있는 공법 또는 정당한 이유 없이 변경된 공법을 임의로 사용하는 경우 1천만 원 이하의 벌금에 처하게 되고, 그 밖에 열거된 사항은 위반 시 과태료만 부과되도록 규정하고 있다.

산안법 전부 개정으로 새롭게 도입된 산안법 제2조 제6호 상 '도급'의 개념에 대하여 산업현장에서는 여전히 많은 혼란이 있다. 이는 사업장이나 재해예방전문지도기관 등에서 고용노동부나 안전보건공단에 가장 빈번하게 질의하는 내용(도급과 발주자의 구분)이기도 하며, 주관 정부부처인 고용노동부에서도 가장 시급하게 해결해야 할 과제로 판단하고 있는 부분이다. 산안법 상 도급인에 대한 책임과 의무를 무겁게 부과하고 있지만 도급 그 자체의 개념 범위와 적용 대상이 모호하여 현장에서는 혼란이 발생하고, 그 결과로서 사고가 발생할 경우 그 책임 부과에도 한계가 있으므로 도급과 발주자의 구별을 명확하게 하고, 규정의 해석과 적용에 있어서도 '명확성'을 도모해야만 제도의 미비로 인한 안전보건 사각지대에 있는 노동자를 보호하는데 기여할 수 있을 것이다.

도급인의 안전조치 및 보건조치

도급인은 관계수급인 근로자가 도급인의 사업장에서 작업을 하는 경우에 자신의 근로자와 관계수급인 근로자의 산업재해를 예방하기 위하여 안전 및 보건조치를 하여야 한다. **다만, 보호구 착용의 지시 등 관계수급인 근로자의 작업행동에 관한 직접적인 조치는 제외한다.**

고용노동부는 2020년에 도급인과 건설공사발주자 구분(산안법 제2조) 및 도급인의 구체적 안전·보건조치 내용 등을 담은 '도급 시 산업재해예방 운영지침'을 발표하여 시행하고 있지만 일선 산업현장에서는 여전히 해석과 적용의 모호성이 남아 있는 상황이다. 이러한 모호성을 시급히 해소해야만 안전·보건조치 등의 책임자(소송에서 피고적격자)에 대하여 강력히 처벌할 수 있다.

2021년 4월 22일 평택항 사망사고 고찰

2008년도 대법원 판례에 따르면, 도급계약의 경우 원칙적으로 도급인에게는 수급인의 업무와 관련하여 사고방지에 필요한 안전조치를 취할 의무가 없으나, 법령에 의하여 도급인에게 수급인의 업무에 관하여 구체적인 관리·감독의무 등이 부여되어 있거나 도급인이 공사의 시공이나 개별 작업에 관하여 구체적으로 지시·감독하였다는 특별한 사정이 있는 경우에는 도급인에게도 수급인의 업무와 관련하여 사고방지에 필요한 안전조치를 취할 의무가 있다.

평택항 사망사고의 경우 산안법 제63조 단서조항에 따라, 비록 도급인에게 도급인의 지배관리 하에 있는 사업장 전체에 대한 안전·보건조치의 의무가 있다고 하더라도 관계수급인 근로자의

작업행동에 관한 직접적인 조치인 안전모 등의 보호구 착용지시를 할 수 없도록 규정하고 있어, 하청업체 소속인 이선호씨가 사망사고 발생 당시 안전장구인 안전모 등을 착용하지 않았다 하더라도 원청은 안전모를 착용하지 않은 것에 대한 직접 조치 책임으로부터는 자유로울 수 있다. 원청으로서는 법의 맹점을 이용하여 사고 책임을 회피하기 위한 가능한 모든 수단을 강구할 것이다. 결과적으로 보면, 산안법이 여러 가지 문제점과 이해관계자들의 입장을 감안하여 단서조항을 두었다면, 간접고용형태인 도급 등에 따른 하청업체 노동자들의 많은 희생이 계속되고 있는 상황에서도 가장 포괄적인 지배력이 있는 원청이나 발주자가 사고의 법적 책임을 어느 정도 피해갈 수 있는 길을 제도적으로 보장해 준 것이라고 볼 수 있을 것이다. 다만 원청은 산안법 제66조에 따라 수급인 사업주에게 소속 근로자에게 안전모 등을 착용토록 지시할 의무를 부담할 뿐이다.

V. 제도개선 방향

근로자성 인정범위 확대 방안 강구

대법원의 근로자성 판단사례에서 보듯이 과거에는 근기법이나 노조법 상 근로자성이 인정되는 범위를 동일하게 판단하여 왔으나, 최근 대법원은 기존 판례를 변경하여 노조법의 근로자성을 더 넓게 인정하고, 고용노동환경의 변화에 보다 적극적으로 대응할 수 있도록 근로자성 인정범위를 확대하는 제도개선을 추진해야 한다. 이를 통해 안전·보건조치 의무자(노무를 제공받는 자)가 명확해 질뿐만 아니라 안전사고가 발생할 경우 피고가 될 수 있는 사업주 등의 사고에 대한 책임자가 동시에 명확하게 확정될 수 있기 때문이다.

사후처벌 보다는 국가적 차원의 안전보건 거버넌스 구축

산안법 전부 개정을 통해 안전·보건조치 위반에 대한 처벌 수준은 상향되었지만, 대법원 양형기준에는 반영되지 않고 있었다. 그동안 산안법의 처벌 수준이 약하다는 지적에 부응이라도 하듯 사업주나 경영책임자에게 기존의 산안법보다 무거운 책임을 지울 수 있는 중대재해기업처벌법은 졸속으로 제정되었고, 2021년 1월 12일 대법원 양형위원회가 안전·보건조치의무위반치사 범죄(산안법 제167조)에 대해서는 최대 10년 6개월까지 가능하도록 산안법 위반에 대한 양형 기준도 상향하였다. 산업현장의 안전보건 사각지대의 노동자들은 사업주나 경영책임자 등에 대해 강력한 처벌만 하면 안전·보건조치가 확보되어 해당 노동자들을 보호할 수 있을 것 같다는 논리에 사로잡힌 것 같다.

물론 사업주 등 책임자에 대한 강력한 처벌이 산업재해 예방에 전혀 도움이 되지 않는 다는 의미는 아니다. 예를 들어 최근 10년간(2008년~2017년) 정식의 공소장에 의하여 공소가 제기된 산안법 위반사건에 대한 제1심 법원의 판결 통계를 보면, 징역형의 실형을 선고받은 피고인의 수는 평균적으로 매년 5명 이하에 불과했다. 이는 사업주로 하여금 '산안법 위반행위는 저지를 만한 것이

된다'는 인상을 남겨 결과적으로 형법의 규범력을 약화시키는 문제를 낳게 되고 앞에서 언급했던 '영업 이익'과도 관련될 수 있다는 것이다. 근기법 상 근로자성이 인정될 수 있는 사업주에 대한 처벌도 쉽지 않은데 고용노동환경 변화에 따른 '새로운' 또는 '특수'라는 수식어가 붙는 고용형태에 대해서는 국가 차원의 적극적인 예방활동이 우선되어야 할 것으로 본다.

따라서, 고용노동환경의 변화로 급증하는 안전보건 사각지대 노동자를 해소하기 위해서는 중앙정부, 지방자치단체, 업종별 직능단체 및 재해예방전문기관들의 인적·물적 자원을 최대한 가용할 수 있는 국가적 차원의 안전보건 거버넌스를 구축하여 입체적 산업안전보건 정책이 집행 가능하도록 제도개선이 추진되어야 한다.

기존 안전보건 법·정책의 기준 실효성 검토

사업장 안전관리자 및 보건관리자 선임기준인 상시근로자수와 공사 금액 등이 고용환경변화에 따라 노동형태도 급변하는 현실에서도 여전히 적정한 법·정책의 기준이 될 수 있는지 전면적인 검토가 필요한 시점이라고 본다. 오히려, 이러한 과거의 전형적인 고용형태에는 적합했던 법·정책의 기준이나 규정들이 현실을 반영하지 못해 안전보건 사각지대 취약계층을 확대하는 부작용이 발생할 개연성은 없는 지 면밀히 점검하여 고용형태 변화 등에 적용 가능하고, 실효성 있는 기준을 재설정하는 제도개선도 병행되어야 할 것이다.

고용노동환경 변화와 코로나19에 취약한 노동자 보호 강구

산업안전보건연구원에서 운영하는 안전보건국제학술지(SH@W)에 투고된 논문에 따르면, 재택근무가 근로자 건강에 복병이 될 수 있다고 한다. 재택근무가 일상화되면 노동형태 변화에 따른 취약계층이 나타나기 마련일 것이다. 특히 여성이 남성보다 더 취약한 것으로 나타났다. 2020년 OECD 발표에 의하면, 여성이 남성보다 무급 노동에 하루 2시간 이 상 더 소비하고 있다고 한다.

따라서 현재의 규정 등으로 새로운 취약계층에 대한 보호방안이 충분하지 못하다면 대책을 강구하는 제도개선이 시급하게 추진되어야 할 것이다. 아울러, 여성노동자의 산업현장 진출 현황과 위험업종 종사자 등에 대한 실태를 파악하여 남성 위주의 산업현장에서 여성노동자들이 겪고 있는 애로사항을 해소할 수 있는 성인지적 관점의 산업안전보건정책도 병행하여 추진되어야 할 것으로 본다.

VI. 결론

최근 산안법 전부 개정으로 안전·보건조치의무 위반에 따른 벌칙규정 강화와 대법원 양형기준 상향 조정, 중대재해처벌법 제정 등 사업주 등 책임자에게 형벌을 부과할 수 있는 규정은 이제 충분하다고 본다. 하지만, 디지털 기술 발달에 따른 플랫폼 노동 등 고용노동환경 변화와 코로나19로 인한 고용 및 노동형태가 다양·다층화 되고, 노무를 제공하는 사람은 있지만 해당 노무를 제공받는 사업주는 확정할 수 없고, 심지어 사업주가 없는 1인 사업장이 늘어나고 있는 현실에서 안전·보건조치위반죄로 책임을 물을 수 있는 피고 적격성을 가진 사람을 확정하는 것이 날이 갈수록 어려워지는 상황이다. 고용노동환경 변화에 부응하고 증가 추세에 있는 안전보건 사각지대 노동자 보호의 관점에서는 처벌보다는 산업재해 예방 활동에 초점을 맞춘 제도개선이 있어야 한다.

산업안전보건연구원에서 2020년에 발간한 '국가적 산업안전보건정책 거버넌스 구축 방안 연구'에 따르면, 지방자치법에 산업안전보건정책은 국가사무로 규정되어 있지만 17개 광역지방자치단체는 자체적으로 관할 사업장에 대하여 발주자의 지위 또는 관할 지역의 공사에 대한 '허가권' 등을 매개로 산업안전보건 예방활동을 수행하고 있고, 이에 대한 근거규정 마련을 위해 일부 지자체는 조례 제정과 인력 및 예산도 편성한 것으로 파악되었다.

따라서, 산안법 등의 위반에 대한 처벌의 실효성을 담보하기 위해서도 '근로자성' 인정범위 확대 제도개선 추진과 병행하여 산업안전보건정책 집행에 지방자치단체 등이 보유하고 있는 모든 인적·물적 자원이 안전보건 사각지대 노동자들의 안전보건 확보 사업에 투입될 수 있도록 국가적 차원의 산업안전보건 거버넌스 구축이 시급하다.

이러한 국가적 차원의 산업안전보건 거버넌스 구축을 통한 시스템적 접근이 '근로자성'이 가장 명확하게 인정되는 산안법 및 근기법 상의 노동자뿐만 아니라 고용노동환경 변화로 인해 지속적으로 증가하고 있는 '근로자성'이 희박한 안전보건 사각지대 노동자의 안전과 보건을 담보할 수 있는 가장 현실적인 대안이 될 것이다.

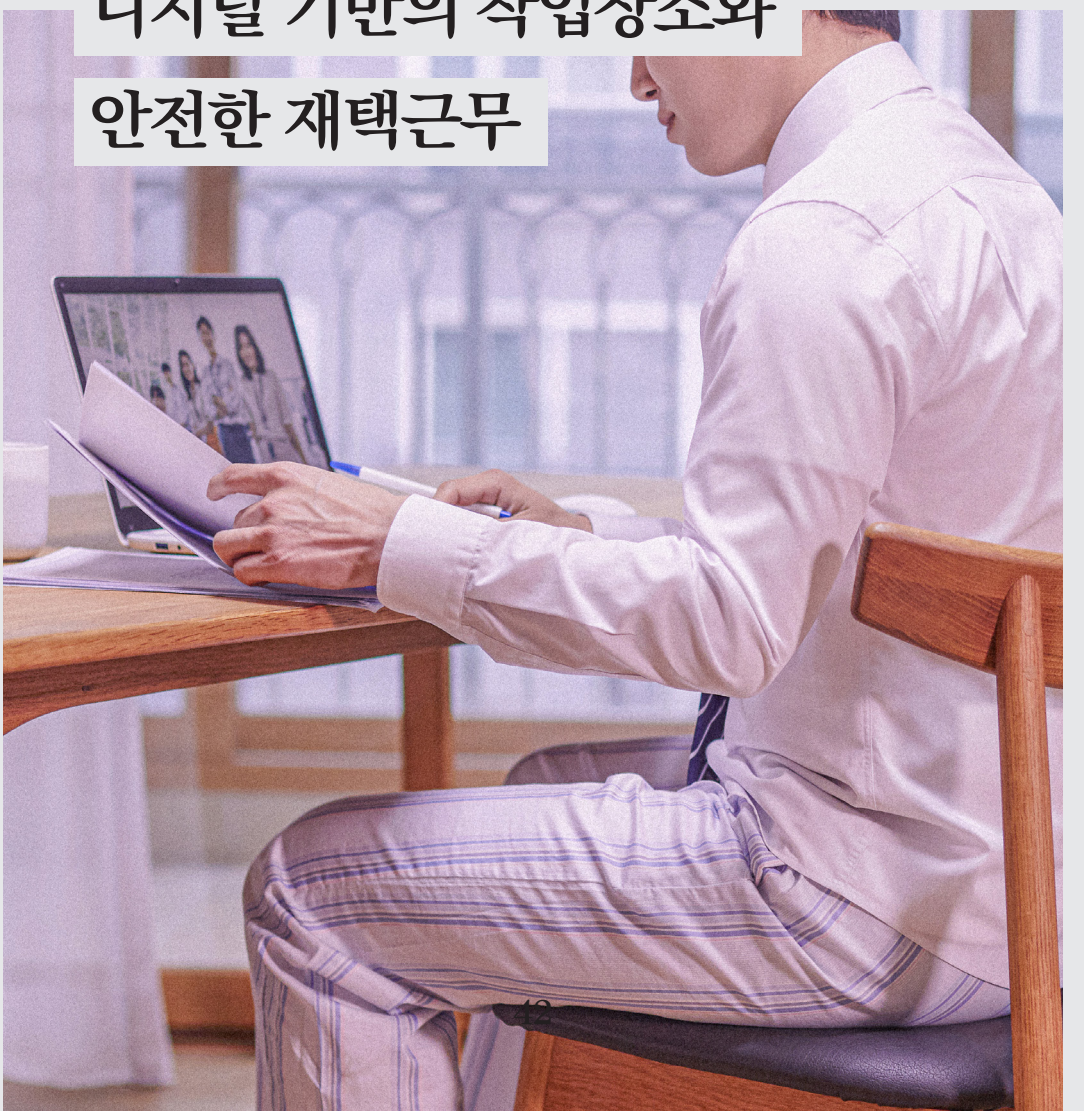
참고문헌

⋯› 김명준, 새로운 노동형태 발현과 기존 법·정책의 한계점 발제문, 산업안전보건연구원, 2021.
현장에서 필요한 성인지적 산안정책, 고용노동부 제1차 양성평등위원회 자료, 2021
국가적 산업안전보건정책 거버넌스 구축방안 연구, 산업안전보건연구원, 2020.
중대재해기업처벌법 등장 배경과 시사점, 산업안전보건연구원 이슈리포트, 2020.
⋯› 박귀천, 새로운 노동형태 발현과 기존 법·정책의 한계점 토론문, 산업안전보건연구원, 2021.
⋯› 박은정, 특수형태근로종사자와 노동법적 보호, 월간 노동리뷰, 2018. 2.
⋯› 볼프강 도이블러·토마스 클레베, 크라우드 워크 : 새로운 노동형태, 한국노동연구원, 2016. 8.
⋯› 이근우, 중대재해처벌법 제정의 형사정책적 교훈 발제문 형사정책학회 춘계학술대회, 2021.
⋯› 이진국, 산업안전보건법 상 위반사건의 제재에 대한 인식조사, 산업안전보건연구원, 2019.
⋯› 정홍준, 코로나19, 사회적 보호 사각지대의 규모와 대안적 정책방향, 고용·노동브리프 제97호, 2020.

03

산업안전보건연구원 직업환경연구실
박승현 실장

디지털 기반의 작업장소와 안전한 재택근무



주요 내용 요약

| 정보통신기술의 발달과 더불어 저출산, 고령화 등 인구구조 변화 등에 대응하고자 1990년대 이후 재택근무가 본격적으로 시행됨
  - 최근 코로나19 대유행으로 재택근무가 급속히 확산되고 있고 일하는 방식의 새로운 기준(new normal)으로 자리매김하였음

| 재택근무는 업무환경, 생활 패턴 등 여러 측면에서 변화를 가져올 수 있고 이로 인해 안전보건 위협요인이 발생함
  - 가정은 개인의 주거를 목적으로 설계된 공간이므로 조명, 소음, 작업 공간 등이 업무에 부적합
  - 의사소통이 제한적일 수 있어 업무상 문제해결이 어렵거나 이로 인하여 주어진 업무를 정해진 시간에 제대로 달성하지 못하는 결과가 초래
  - 격리로 인한 심적인 불안, 우울증 등 정신사회적 문제가 생길 수 있고 생활패턴의 부정적 변화를 초래

| 따라서 사업주는 재택근무로 인해 발생할 수 있는 다양한 안전보건 문제에 대한 관리 필요성 직면
  - 재택근무를 위해 일과 생활의 균형, 근무시간 관리, 성과와 생산성, 가족 돌봄, ICT 장비와 적정한 작업 공간 마련, 자료 보호 및 보안, 대화와 소통, 상호신뢰 및 책임공유, 산업안전보건, 직원의 훈련과 개발 등 조치 마련 필요

I. 재택근무 현황과 안전보건 이슈

재택근무의 정의

재택근무는 컴퓨터, 모바일기기 등 정보통신기술(Information and Communications Technology, ICT)을 활용하여 집에서 회사 일을 하는 것(working from home, WFH)으로 볼 수 있다. ILO는 집에서 ICT를 사용하여 필수적인 업무를 수행하는 업무방식을 재택근무라고 정의하고 있으며, 코로나19 상황 속에서는 가정에서 ICT를 활용하여 일시적으로 일하는 것을 지칭할 때 사용한다고 설명하고 있다(ILO, 2020). ICT의 발달은 WFH, telecommuting, teleworking, remote working과 같은 대체 근무방식을 가능하도록 해주었으며 비록 의미상에 차이가 있지만 이들 용어들은 사업장 외부에서 일하는 새롭고 진보된 모델을 의미할 때 혼용되고 있다(ILO, 2020). 따라서 재택근무를 집에서 일하는 것으로 한정하기 보다는 여러 장소에서 일할 수 있는 것으로 폭넓게 해석할 필요가 있다.

Wikipedia에서는 'telecommuting'이라는 단어를 대표단어로 하고 집에서 일한다는 개념의 WFH를 비롯하여 work from anywhere(WFA), telework, teleworking, mobile work, remote work, remote job, flexible workplace 등을 유사 단어로 소개하고 있으며, 근로자가 사무실과 같은 장소에 출근하지 않고 일하는 방식으로 정의하고 있다(Wikipedia, 2021). 한편 유럽연합 산업안전보건청(EU OSHA)에서 개발한 OSH Wiki에서는 ICT의 활용을 강조하여 재택근무를 'telework'이라고 표현하고 있고, ICT를 사용하여 언제 어디서나 일을 할 수 있는 새로운 업무 방식으로 정의하고 있다(OSH wiki, 2021). 그리고 우리나라 고용노동부에서 발행한 재택근무 종합매뉴얼에 의하면 재택근무를 직원의 집에서 근무하는 것 이외에도 직원이 선택한 집 근처의 장소나 스마트워크 센터, 고객사 등 거래처에서 관리하는 공간 등에서 일하는 것으로 재택근무를 폭넓게 설명하고 있다(고용노동부, 2020a). 종합적으로 정리해 보면 재택근무란 **'근로자가 출근하지 않고 ICT를 사용하여 언제 어디서나 일을 할 수 있는 새로운 업무 형태'**로 보는 것이 적정할 것 같다.

ICT 발달과 코로나19 대유행 상황에서의 재택근무 현황

재택근무는 미국 캘리포니아에서 정보 산업이 발달하면서 1970년대 도입된 것으로 알려져 있다(Nilles, 1975; Eurofound/ILO, 2017). 이후 정보통신 기술의 발달은 근로자들이 언제 어디서나 일하는 것을 가능하게 해주었고 저출산, 고령화 등 인구구조 변화 등에 대응하고자 1990년대 이후 재택근무가 본격적으로 시행되었다. 그리고 최근 코로나19 대유행으로 재택근무가 급속히 확산되고 있고 일하는 방식의 새로운 기준(new normal)으로 자리매김하고 있다(고용노동부, 2020a).

지난해 고용노동부에서 발행한 재택근무 종합매뉴얼(고용노동부, 2020A)에 의하면 2020년도 코로나19의 대유행으로 인해 재택근무가 점차 확대 시행되고 있었던 시점에 국내

각 기관에서 실시한 재택근무 업무효율성 및 만족도에 대한 설문조사 결과 응답자의 67%가 업무효율성이 높다고 답하였고, 91%는 만족도가 높다고 응답하였으며(고용노동부, 2020. 8월), 생산성이 정상근무 대비 90% 이상이라고 응답한 응답자가 47%(경총, 2020. 9월), 생산성 향상에 긍정적이라고 응답한 응답자가 57%(한국경제연구원, 2020. 7월)이었다.

재택근무를 통해 업무효율성 향상, 업무만족도 향상, 생산성 향상 등 많은 긍정적인 효과를 얻을 수 있고 이를 근로자, 기업, 사회적인 측면으로 나누어서 설명할 수 있다. 먼저 근로자 측면에서는 불필요한 회의나 보고를 최소화하고 업무 집중도를 향상시켜 업무효율성이 향상될 수 있고, 자기 주도적으로 업무를 수행하여 효율적으로 목표달성을 할 수 있으며 스트레스 감소로 인해 직무만족도가 증가할 수 있다. 그리고 거리 두기로 인한 건강보호, 출퇴근 시간과 경비 절약, 일과 생활의 양립으로 인한 경력 단절 예방이 가능하다. 또한 장애인, 고령자, 요양 중인 자, 임신, 출산자의 고용참여 기회 확대 등 장점이 있다. 기업 측면에서는 업무공간의 축소와 부대비용 절감 등으로 비용절감 효과를 얻을 수 있고, 숙련 인력의 이직을 방지할 수 있으며 재난 상황 속에서도 기업 활동을 지속할 수 있다. 그리고 사회적 측면에서는 출퇴근 차량의 감소와 공해 배출 감소로 환경을 보호할 수 있고, 화상시스템 등 IT 인프라 수요증가로 비대면 산업의 활성화로 인한 일자리 창출이 가능하며, 감염병 예방과 일과 가정의 양립 문화를 확산할 수 있다(고용노동부, 2020a).

재택근무로 인한 안전보건 이슈

재택근무는 사무실 근무와 비교할 때 업무환경, 생활 패턴 등 다양한 측면에서 변화가 생길 수 있고 이로 인해 여러 가지 안전보건 상의 문제도 발생할 수 있다. 재택근무가 가져온 변화는 업무환경, 근무시간, 의사소통, 일과 개인 생활의 구분, 생활 패턴의 규칙성 등으로 구분하여 설명할 수 있다. 먼저 업무환경의 변화이다. 사무실은 사업주가 업무를 위해 마련한 업무 공간이지만 가정의 경우는 개인의 주거를 목적으로 설계된 공간이다. 따라서 조명, 온습도, 소음, 작업공간 등이 업무에 적합하지 않을 수 있다. 이로 인해 안전보건의 문제가 발생할 수 있을 것이다. 다음으로 근무시간 측면에서 살펴보면 사무실은 9 to 6, 8 to 5와 같이 정해진 기본 근무시간이 있다. 물론 필요에 따라 추가로 일을 하거나 덜 할 수 있다. 그러나 재택근무의 경우는 목표 달성을 위해 필요한 시간만큼 일 할 수 있으므로 유연하다는 장점이 있다. 그러나 야근을 하거나 몰아서 일을 하는 등의 부작용이 생길 가능성이 있다. 의사소통 측면에서 살펴보면 사무실에서 일할 때에는 동료나 상사와 수시로 소통하면서 원만하게 문제를 해결해 나갈 수 있다. 그러나 재택근무를 하는 경우에 의사소통이 제한적일 수 있어 문제해결이 어려운 경우가 생길 수 있고 이는 주어진 업무를 정해진 시간에 제대로 달성하지 못하는 결과를 초래할 수 있다. 일과 개인 생활과의 구분 측면에서 보면 사무실은 구분이 원칙이지만 재택근무를 하게 되면 그 경계가 모호해져서 이 또한 스트레스 요인이 될 수 있다. 삶의 규칙성 측면에서 보면 사무실 근무를 할 경우 정해진 시간에 출·퇴근을 하고 이후 개인 생활을 하는 등 비교적 규칙적으로 생활할 수 있으나 재택근무를 할 경우 늦게 잠을 자거나 늦게

일어나는 등 불규칙적으로 생활할 가능성이 있어 건강문제로 이어질 수도 있다.

최근 태국에서 이루어진 재택근무와 건강영향에 관한 연구에 의하면 재택근무시 신체적 측면, 정신사회적 측면, 생활패턴 측면에서 다양한 건강상의 문제가 발생 할 수 있음을 알 수 있다(Ekpanyaskul 등, 2021). 동 연구에서는 코로나19의 대유행으로 인해 재택근무를 시작한 근로자 869명에 대해 설문조사를 실시하였다. 연구결과 나타난 신체적 건강영향으로는 응답자의 41%가 체증 증가를 호소하였고, 요통(36%)과 목과 어깨 통증(41%)과 같은 근골격계질환을 호소하기도 하였다. 또한 눈의 증상을 호소한 근로자가 28%이었고, 일반적인 신경증상을 호소한 근로자가 21%이었다. 불면증과 편두통을 호소한 근로자는 각각 21%, 15%이었다. 정신사회적 건강영향으로는 격리로 인한 심적 불안과 같은 'cabin fever'를 호소한 근로자가 31%, 걱정, 불안 등 정신건강 문제를 호소한 근로자가 22%, 집중력 상실과 우울증을 호소한 근로자가 각각 17%, 15%이었다. 생활패턴의 부정적 변화 측면에서는 음식 소비량이 증가하거나 불규칙한 식사, 늦게 잠을 자거나 늦게 일어나는 수면의 문제 등이 있었다.

이렇게 재택근무로 인해 근로자의 건강문제 등 다양한 안전보건상의 문제가 발생할 수 있다. 따라서 사업주는 재택근무로 인해 발생할 수 있는 다양한 안전보건 문제에 대해 관리할 필요가 있다. Kang은 언론 기고문을 통해 코로나 상황에서 안전한 재택근무를 위해 재택근무시의 안전보건 문제는 사업주가 담당해야할 몫이며, 전용의 작업 공간 마련을 지원하고 주기적인 소통으로 고립감과 스트레스에 대한 관리가 필요하다고 강조한 바 있다(경향신문, 2020). ILO에서는 코로나19 대유행에 대응하기 위하여 재택근무에 관한 사업주 지침을 마련하였다. ILO 지침에 의하면 사업주는 ILO 협약 155(산업안전보건 협약)에 의해 근로자의 안전보건에 대한 책임이 있다. 사업주는 위험을 최소화하기 위해 실행 가능한 예방적, 보호적인 조치를 취해야 하고, 적절한 보호구를 제공해야 하며, 적절한 교육, 훈련 등도 제공해야 한다(ILO, 2020).

II. 안전한 재택근무를 위한 준비

안전한 재택근무를 위한 고려사항

ILO는 재택근무를 위해 중요하게 고려해야 할 사항으로 일과 생활의 균형, 근무시간 관리, 성과와 생산성, 가족 돌봄, ICT 장비와 적정한 작업 공간 마련, 자료 보호 및 보안, 대화와 소통, 상호신뢰 및 책임공유, 산업안전보건, 보건과 정신건강, 직원의 훈련과 개발 등이 있다고 하였다(ILO, 2020). 이를 크게 나누어보면 일과 생활을 균형 있게 유지하면서 적절하게 성과를 낼 수 있는지를 고려하여 근무형태를 정하는 것과 재택근무에 필요한 안전한 작업환경을 마련하는 것, 그리고 대화와 소통, 상호신뢰, 직원의 안전보건과 교육훈련 등을 포함한 종합적인 지원 방안을 마련하는 것으로 구분하여 설명할 수 있다.

(1) 재택근무 형태 결정

재택근무에 적합한 직무와 개인의 상황을 고려해야 한다. 사업주는 회사에서 이루어지는 업무의 특성을 고려하여 재택근무 적합성을 평가하여야 한다. 그리고 재택근무가 가능하다고 여겨지는 직무라 할지라도 직원의 상황에 따라 재택근무를 통해 잘 수행할 수 있을지도 고려해야 한다. 그래서 재택근무 시간과 사무실 근무 시간의 적정한 비율을 정할 필요가 있다. 어떤 근로자의 경우는 본인의 상황에 따라 대부분의 시간을 재택근무로 하는 근무 형태를 택할 수 있을 것이고 어떤 근로자는 일주일 중 일부만 자택에서 근무하고 나머지는 사무실에서 근무하는 근무 형태를 선택할 수 있을 것이다.

(2) 적정한 작업환경 마련

재택근무는 컴퓨터, 모바일기기 등 정보통신기술을 활용하여 회사가 아닌 가정 등에서 일을 해야 하므로 일하기 적합한 작업공간과 디지털 환경을 마련할 필요가 있다. 집에서 재택근무를 할 경우 일하기 적합한 별도의 작업공간을 마련할 수 있는지 고려해 보아야 할 것이다. 집에서 근무하기 적합한 작업공간을 마련할 수 있으면 집에서 근무할 수 있는 환경을 마련하고 이것이 적합하지 않다면 집 근처에 직원이 선택한 장소나 스마트워크 센터 등 재택근무에 적합한 작업공간을 마련해야 하며 이를 위한 회사차원의 지원이 있어야 한다.

(3) 재택근무 지원 프로그램 마련

재택근무를 통해 일을 잘 수행하기 위해서는 적정한 작업환경을 마련하는 것도 중요하지만 화상회의 시스템 등을 활용하여 직원들이 대화를 하고 문제해결을 위해 상시 소통을 할 수 있어야 한다. ILO 재택근무 지침에서는 대화와 소통은 새로운 근무방식에 잘 적응할 수 있도록 협력하고 믿음을 강화시키기 위해 필요한 사항임을 강조하고 있다(ILO, 2020). 그리고 재택근무로 인한 고립감, 우울감 등의 해소를 위해 교육, 훈련이 제공되어야 하고 건강관리도 지원할 필요가 있다. 따라서 사업주는 원활한 재택근무를 위해 필요한 제반 사항들이 포함된 재택근무 규정이나 지침을 마련할 필요가 있다. 그리고 이러한 규정이나 지침에 따라 재택근무 근로자들을 지원할 세부적인 프로그램을 마련하여 전문적으로 운영할 필요가 있다.

재택근무를 위한 안전보건 원칙과 기준

회사에서는 재택근무에 관한 원칙이나 기준에 대한 정책(policy)을 마련하는 것이 중요하다. ILO에서는 재택근무 정책 모델을 제시하고 있으며, 여기서 중요한 고려요소로 보고 있는 것은 회사정책(산업안전보건, ICT 사용, 자료 보호 및 비밀유지 등에 관한 기본 정책 등) 준수, 근무시간과 이에 따른 보상, 안전과 보건, 장비와 도구, 자료보호 및 보안, 작업 공간, 대화와 소통, 성과기준, 근로자의 보상과 책임, 위급상황과 질병, 비용 등에 관한 사항이며 회사는 이에 대한 정책을 마련할 것을 권고하고 있다.

재택근무를 위한 다양한 원칙과 기준이 있겠지만 여기서는 작업환경, 유해위험요인에 대한 관리 등 재택근무 시의 안전보건에 대한 원칙과 기준에 대해 살펴보도록 하겠다.

(1) 재택근무의 원칙 확립

안전한 재택근무를 위해서는 적정한 작업공간 마련, 유해위험요인 관리, 재택근무 지원을 위한 규정이나 지침 등 재택근무 시 고려해야할 제반 사항들을 포괄할 수 있도록 다음과 같은 안전보건 원칙을 확립해 놓을 필요가 있다.

1) 적정한 작업공간 마련 지원

회사는 재택근무를 시행함에 있어서 재택근무에 적합한 인간공학적인 업무 공간이나 디지털 환경이 마련되도록 지원해야 한다.

2) 환경적, 정신사회적 유해위험 요인 관리 지원

회사는 재택근무를 시행함에 있어서 소음, 전자파, 미세먼지 등의 환경적 유해요인과 재택근무로 인한 고립감, 우울감 등의 정신사회적 유해위험 요인을 관리하기 위한 지원방안을 마련하여야 한다.

3) 안전한 재택근무를 위한 규정 및 지침 마련

회사는 직원들이 안전하게 재택근무를 수행할 수 있도록 지원하기 위해 필요한 제반 사항에 대한 규정이나 지침을 마련하여 시행한다.

(2) 재택근무 시의 세부적인 유해위험 요인 관리

1) 인간공학적 작업공간 마련

가정은 주거를 목적으로 설계된 공간이다. 따라서 재택근무 시 작업공간, 작업대, 조명 등이 업무를 지속적으로 수행하기에 적합하지 못할 수 있다. 따라서 재택근무를 위해 인간공학적인 측면이 고려된 작업공간을 마련할 필요가 있다. 컴퓨터 모니터를 비롯하여 키보드, 마우스, 손목지지대, 책상, 의자, 통신을 위한 전화기, 헤드셋 등이 적정히 갖추어져야 할 것이다. 그리고 정부에서는 사업장에서 참고할 수 있도록 인간공학적인 작업공간 마련 및 근골격계질환 예방을 위한 가이드라인을 준비하여 제공할 필요가 있다. 근골격계질환 예방과 인간공학적인 작업 관리를 위해 이용 가능한 고용노동부 지침으로는 근골격계부담작업의 범위 및 유해요인조사 방법에 관한 고시, 영상표시단말기(VDT) 취급근로자 작업관리지침 등이 있다(고용노동부, 2020b, 2020c)

2) 환경적 유해요인과 건강관리

가정은 사무실과 달리 소음, 먼지 등과 같은 환경적인 요인이 잘 통제되지 못한 관계로 재택근무 시 건강영향을 받을 수 있다. 재택근무 환경에서의 유해요인은 미세먼지, 휘발성유기화합물과 같은 실내오염 물질과 소음, 전자파 등과 같은 물리적 유해인자로 크게 나누어 볼 수 있다.

가) 실내 오염물질 관리

실내오염 물질의 발생원은 매우 다양하다. 실내에서는 사람의 활동으로 인하여 미세먼지, 이산화탄소, 담배연기 등이 발생될 수 있고, 난로나 가스레인지로부터 일산화탄소, 아황산가스, 이산화질소 등이 발생될 수 있다. 프린터, 컴퓨터, 복합기 등의 전자제품에서는 오존, 미세먼지 등이 발생할 수 있고 건축자재, 가구, 마감재, 난로, 담배연기, 접착제, 청소용품, 세척제 등으로부터 포름알데히드와 기타 휘발성유기화합물이 발생할 수 있다. 그리고 반려동물, 애완동물 및 가습기 등으로부터 생물학적 유해인자가 발생할 수 있다. 또한 토양이나 암석 중 라듐이 붕괴할 때 생성되는 방사성동위원소인 라돈에도 노출될 수 있는데 그 농도 수준은 건물지반이나 토양 등에 따라 차이가 있다. 실내의 오염물질 발생을 줄이기 위하여 건축자재나 가구 등을 선정할 때 친환경 건축자재 등을 사용하거나 신규주택이나 새 가구인 경우 베이크 아웃을 통하여 오염물질을 일정부분 제거한 후 사용하는 방법도 있다. 그리고 이미 발생된 오염물질은 공기청정기를 사용하거나, 환기, 공기정화식물 사용 등을 활용하여 농도를 낮출 수도 있다. 그리고 자동차의 배기가스, 미세먼지 등 외부 오염물질의 경우는 실내로 유입되지 않도록 차단하는 것이 중요하다. 주방에는 일반적으로 가스레인지 상부에 배기후드가 설치되어 있다. 이를 적절하게 이용하면 실내 오염물질을 줄이는데 도움이 될 수 있다. 육류와 생선구이 요리 시 발생되는 입자상 및 가스상 오염물질 특성에 대한 연구에 따르면, 조리 전에 비하여 조리를 했을 때 초미세먼지의 농도가 약 15~60배 증가하였으며, 일산화탄소는 조리 전 0.2 ppm에서 조리 시에는 4.9~6.4 ppm 수준으로 발생하였다. 이때 배기후드를 작동하면 작동하지 않았을 때보다 입자상물질과 가스상 물질 모두 실내농도를 낮출 수 있다(원수란 등, 2019). 실내공기 관리를 위해 활용 가능한 지침으로는 고용노동부의 사무실 공기관리지침(고용노동부, 2020d)과 실내공기질 관리법에 따른 실내공기 유지기준, 권고기준 등이 있다(환경부, 2020).

나) 물리적 유해인자 관리

재택근무 환경에서 근로자의 건강에 영향을 미칠 수 있는 물리적 인자로는 소음, 전자파, 조도 등이 있다. **재택근무 환경에서의 소음은** 사업장의 소음처럼 고주파 성분을 포함한 고소음의 영향보다는 생활환경 소음 및 층간소음에 의한 영향이 많을 것이므로 소음성 난청으로 인한 청력손실 보다 소음으로 인한 불쾌감과 수면장애가 더 큰 관심사일 것이다. 또한 휴대전화 사용 증가로 인해 청력에 영향을 줄 수 있으므로 주의할 필요가 있다. 다만 콜센터 근로자의 소음수준을 평가한 연구에 의하면 8시간 시간가중평균 등가소음으로 환산했을 때, 117명 중 7명이 80 ㏈(A)를 상회하는 소음수준에 노출되었고, 그 중 1명이 85 ㏈(A)를 상회하는 소음수준에 노출되어 청력손실의 위험성이 크지는 않았다(김현욱, 2012). 재택근무 환경에서의 소음은 주택 외부로부터 발생하는 소음 또는 층간소음이 대부분이라 휴대전화로 인한 소음을 제외하고는 근로자가 컨트롤 할 수 있는 소음은 없는

것이 현실이다. 다만 스마트폰 애플리케이션 등을 이용하여 소음수준을 파악(강현수 등, 2020; 마혜란, 2012; Kardous 등, 2014)하여 소음발생 자제 협조를 요청한다던가, 소음이 발생하는 시간대를 휴식시간으로 하고 좀 더 조용한 시간대를 업무시간으로 한다던가, 근무 장소를 소음발생이 덜한 방 또는 장소로 변경한다던가, 귀마개 혹은 노이즈 캔슬링 기능이 있는 이어폰(헤드폰)을 착용하는 정도가 현실적 관리방안으로 생각되며, 생활환경 소음 수준이 높은 경우에는 방음재질의 자재를 부착하는 방안 등도 고려해 볼 수 있다.

전기·전자제품과 전파·통신제품 사용 확대로 전자파의 인체영향에 대한 불안감도 증가하고 있다. 특히 세계보건기구(WHO) 산하 국제암연구소(IARC)는 2002년 극저주파자기장을 2B등급(인체에 암유발 가능)으로 분류하였고, 2011년에는 휴대전화 전자파를 2B등급으로 분류하여 전자파에 대한 관심이 증가하고 있다(IARC, 2011, 2021). 재택근무 환경에서 전자파 발생 기기로는 컴퓨터, 프린터, 가습기, 휴대폰 및 휴대폰충전기와 식사를 위해 필요한 냉장고, 전자레인지, 밥솥, 인덕션 등이 있다. 국립전파연구원에 의하면 사무실 및 가정의 전자파 발생기기의 전자파 노출수준은 60 Hz에서 측정된 전기장과 자기장이 인체보호기준 대비 10% 이하로 나타났다(국립전파연구원, 2021). 측정은 대부분 30 cm 이격하여 실시하였는데 방사선 방호의 기본 원칙 중 하나인 발생원과의 거리를 충분히 둔다면 노출수준은 더 감소 할 것이다. 국립전파연구원의 휴대전화 사용 가이드에서는 통화할 때 휴대폰을 얼굴에서 조금 떼고 사용하고, 통화는 짧게, 통화시간이 길어질 때는 오른쪽 왼쪽 번갈아 가면서 통화하고, 얼굴에 대고 하는 통화보다는 문자 메시지를 이용하고, 휴대폰 사용 시 이어폰 마이크 사용을 추천하였다. 그리고 휴대폰 안테나 수신표시가 약하면 전자파가 더 많이 발생하므로 지하실, 승강장과 같이 폐쇄된 공간에서는 가급적 자제할 것을 권고하였다.

사물을 식별하기 위해서는 빛의 밝기, 빛의 양과 방향을 결정하여 필요한 곳에 필요한 양의 빛을 제공해야 한다(기도형 등, 2006). 일반적으로 주간에는 자연조명(햇빛)을 이용하나, 실내나 야간에는 인공조명이 필요하다. 적절한 조명은 개인차가 있지만 일반적으로 작업장에 조명을 제공하였을 때 시각적 작업의 경우, 작업자의 눈의 피로가 감소하고 작업 불량률을 감소시킬 수 있는 수준을 말한다. 또한 작업장 주위의 위험 상황에 대한 시각적인 정보를 입수할 수 있어서 재해를 방지할 수 있도록 해야 한다. 최근에 VDT의 사용이 많아지면서 적절한 환경 조명의 중요성에 대한 관심의 높아지고 있다(양성환 등, 2006; 기도형 등 2006). 눈부심은 빛의 발광원이 시야에 있을 때 생기며 사물에 대한 식별 능력을 저하시킨다. 눈부심은 광원이 관찰자의 시선에서 45도 각도 이내에 있을 때 발생하며 시야에 들어오는 물체 간 휘도 차이가 크면 눈부심이 더 많이 생긴다. 눈부심을 피하는 방법은 광원 밑에 빛을 적절히 유도할 수 있는 씌우개가 있는 분산장치나 포물선 모양의 반사기를 사용하거나, 시각을 방해하지 않는 방법으로 광원을 설치하는 방법이 있다. 산업안전보건법에 의한 적절한 조명 수준은 초정밀작업은 750 lux이상, 정밀작업은 300 lux이상, 보통작업은 150 lux이상, 그 밖의 작업은 75 lux이상이

되도록 하여야한다(고용노동부,2019). 기타 실내조명 설계를 위한 권장 조도에 관해 작업의 유형에 따른 권고치와 작업 특성을 고려한 가중치 기준 등도 존재한다(기도형 등, 2006, 정병용 등, 2005).

3) 정신사회적 유해요인과 건강관리

재택근무를 하게 될 경우 격리감으로 인한 심리적 불안 증세를 겪을 수 있다. 혼자 일을 수행하므로 본인이 제대로 일을 하고 있는지 회사생활을 지속할 수 있는지 등의 막연한 걱정을 하게 될 수 있다. 따라서 화상회의 시스템 등을 활용하여 수시로 동료 및 상사 등과 의견 교환을 하고 소통 하는 것이 재택근무에 있어서 매우 중요한 부분이라 할 수 있다. 고용노동부의 재택근무 종합 매뉴얼은 재택근무를 위한 성공적인 의사소통 방안을 제시하고 있다(고용노동부, 2020a). 팀원들과 정기적인 의사소통을 유지하고, 현재 진행되고 있는 상황에 대한 정보를 공유하고, 즉각적인 조치나 회신이 불가능하더라도 중요한 메시지의 수신을 정기적으로 확인하고, 결론을 내리기 전에 다른 사람의 행동이나 의도를 더 잘 이해하기 위해 추가 설명 요청하고, 구성원들이 서로 솔직하게 말하도록 노력하도록 권고하고 있다. 사업주는 재택근무로 인해 겪을 수 있는 우울, 불안감, 외로움, 고립감과 같이 다양한 어려움이나 고민 등에 대해 전문가를 통해 상담을 받을 수 있도록 지원할 필요가 있다. 최근에는 보건복지부, 고용노동부 산하기관 등 국가나 공공기관 등에서 정신건강에 대해 상담서비스를 제공하고 있으므로 관련 기관을 통해 상담을 받도록 안내해 줄 수 있을 것이다.

III. 안전한 재택근무를 위한 제언

재택근무를 실시하는 사업주는 재택근무에 관한 원칙이나 기준에 대한 정책(사업장 내부 규정 및 지침)을 마련하여 재택근무를 체계적으로 실시하여야 한다. 특히 안전한 재택근무를 위해서는 작업공간, 유해위험요인 관리, 재택근무 지원 방안과 같이 재택근무시 고려해야할 제반 사항들을 포괄할 수 있도록 안전보건 원칙을 확립해 놓을 필요가 있다. 그리고 이러한 원칙에 따라 재택근무시의 세부적인 유해위험요인을 관리하기 위해 인간공학적인 작업환경 마련을 위한 지원 기준과 환경적·정신사회적 유해위험요인 관리를 위한 지원 기준을 마련할 필요가 있다. 이를 위해 정부에서는 사업장에서 안전하게 재택근무를 실시할 수 있도록 안전한 재택근무 가이드를 제공할 필요가 있다.

참고문헌

- 강현수, 박상민, 김상용. 스마트폰 센서를 활용한 공동주택 층간소음 모니터링 시스템 구축. 대한건축학회연합논문집. 2020;22(3):13-20
- 고용노동부. 성공적인 재택근무 도입을 위한 길잡이: 재택근무 종합 매뉴얼. 고용노동부, 2020a
- 고용노동부. 근골격계부담작업의 범위 및 유해요인조사 방법에 관한 고시. 고용노동부고시 제2020-12호, 2020b
- 고용노동부. 영상표시단말기(VDT) 취급근로자 작업관리지침. 고용노동부고시 제2020-17호, 2020c
- 고용노동부. 사무실 공기관리 지침. 고용노동부고시 제2020-45호, 2020d
- 국가법령정보센터. 고용노동부: 산업안전보건기준에 관한 규칙(고용노동부령 제273호, 2019. 12. 26 개정) [Accessed 12 May 2021] Available from: https://www.law.go.kr
- 국가법령정보센터. 환경부: 실내공기질 관리법 시행규칙(환경부령 제858호, 2020. 4. 3 개정). [Accessed 12 May 2021] Available from: https://www.law.go.kr
- 국립전파연구원. 생활 속의 전자파. [Accessed 12 May 2021] Available from: https://www.rra.go.kr/emf2/index.do
- 기도형, 이경태, 박재희, 최경임. 산업안전보건관리자를 위한 인각공학. 한경사. 2006.
- 김현욱. 헤드폰을 사용하는 콜센터의 배경소음 및 근무자의 소음노출 조사. 산업보건(국외논문정보). 2012년 9월(출처: Trompette N, Chatillon J. Survey of noise exposure and background noise in call centers using headphones. J. Occup. Environ Hyg. 2012;9:381-386)
- 마혜란. 일부 스마트폰 소음측정 어플에 대한 정확도 평가. 한성대학교 대학원 석사학위 논문. 2012
- 양성환, 박범, 강영식, 갈원모, 백승렬, 최정화, 김대성. 인간공학. 형실출판사. 2006.
- 원수란, 지현아, 권명희, 황은설, 이정섭, 심인근. 조리시 발생되는 입자상 및 가스상 오염물질의 특성-육류와 생선구이를 중심으로. 환경분석과독성보건. 2019;22(4):224-229
- 정병용, 이동경. 현대인간공학. 민영사. 2005.
- Ekpanyaskul C, Padungtod C. Occupational health problems and lifestyle changes among novice working-from- home workers amid the 코로나19 pandemic. Safety and Health at Work, https://doi.org/10.1016/j.shaw.2021.01.010
- Eurofound and International Labour Organization(ILO). Working anytime, anywhere: The effects on the world of work, Publications Office of the European Union, Luxembourg and International Labour Office, Geneva. 2017
- International Agency for Research on Cancer(IARC). Agent classified by the IARC Monographs, Volumes 1-129. [Accessed 12 May 2021] Available from: https://monographs.iarc.who.int/agent-classified-by-the-iarc
- International Agency for Research on Cancer(IARC). Press release: IARC classifies radiofrequency electromagnetic fields as possibly carcinogenic to humans. IARC, 2011
- International Labour Organization(ILO). An employers guide on working from home in response to the outbreak of 코로나19. International Labour Office, Geneva. 2020
- Kang SK. 경향신문 기고: 일상이 된 '코로나'...안전한 재택근무를 위하여. 경향신문 2020.
- Kardous CA, Shaw PB. Evaluation of smartphone sound measurement applications. Journal of the Acoustical Society of America 2014;135(4):186-192
- Nilles JM. Telecommunications and organizational decentralization. IEEE Transaction on communication, 1975;23(10):1142-1147
- OSH WIKI. Telework. [Accessed 6 May 2021] Available from: https://oshwiki.eu/wiki/Telework
- Wikipedia. Telecommuting. [Accessed 6 May 2021] Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/Telecommuting

04

산업안전보건연구원 안전보건정책연구실
김명중 연구위원

포스트코로나 안전보건 환경변화 진단 및 전망

주요 내용 요약

[Part 1] 업종별 진단 및 전망

| 제조업 상용근로자 고용은 지속적으로 하락한 반면, 임시일용근로자의 고용은 급등추세이며, 임시일용직 5인 미만 사업장에서는 근로시간 감소 동반
  - 고용이 불안정한 단기간 임시일용근로자 고용이 증가함에 따라 고용 불안정 및 안전보건 사각지대 증가 우려

| 경기변동에 민감한 서비스업은 2020년 고용이 크게 감소하였으나, 임시일용근로자 고용은 하반기부터 급등추세이며, 5인 미만 소규모 사업장에서 초과근로시간 크게 증가
  - 하반기 고용이 급등한 도소매업종과 보건사회복지부문을 중심으로 임시 및 단기근로자 고용이 증가함에 따라 안전보건 취약계층 확대 예상
  - 서비스업 근로시간은 전반적으로 감소한 반면, 상용근로자의 초과근로시간은 전년 동기대비 큰 폭으로 증가

| 산재사망만인율이 가장 높은 건설업에서는 상용근로자의 고용 감소분을 임시일용근로자 고용증가가 상쇄, 임시일용직의 근로시간도 상당한 수준으로 증가
  - 건설업 5인 미만 소규모 사업장을 중심으로 일용직 고용확대 및 근로시간 증가에 따라 향후 종합적인 안전보건 대책 마련 필요

[Part 2] 고용형태별 진단 및 전망

| 2019년 8월까지 꾸준한 증가추세에 있던 전체 임금근로자 수는 2020년 8월 기준으로 소폭 하락, 정규직 수는 2018년 이후 꾸준한 감소추세

| 비정규직 근로자 수 역시 코로나19 이후 소폭 감소하였으나, 경기불황과 재택근무의 영향으로 일용직과 가정 내 근로자 수는 크게 증가
  - 코로나19 이후 재택근무 확산으로 가정 내 근로가 증가함에 따라 재택근무 시 안전보건 조치 확보 등 필요
  - 임금근로자 근로시간 감소로 단기근로(투잡 등) 증가에 따라 피로감, 스트레스 상승, 비숙련 노동에 의한 산재 발생 가능성 증가

| 산업별로는 보건사회복지, 운수, 숙박 및 음식업 등에서 시간제 근로자와 특수형태근로종사자, 일일근로자 비중이 증가함에 따라 안전보건 사각지대 확대 예상

| 직종별로는 취약계층인 단순노무직종에서 비전형근로종사자 증가가 두드러짐

| 특수형태근로종사자와 가정 내 종사자의 경우 전년동기대비 추세를 역전하는 근로시간 증가에 따라 취약계층의 과로 문제 등 향후 관련 연구의 추가 진행 필요

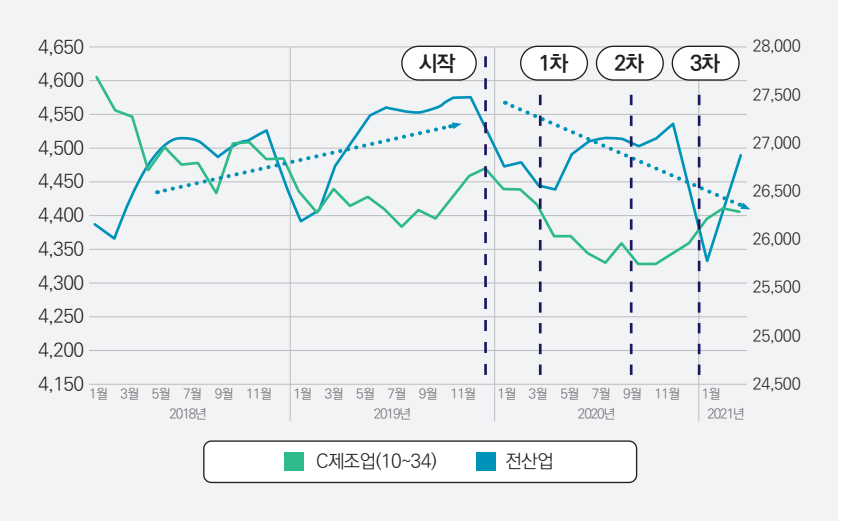
I. 들어가면서

2020년 초부터 시작된 국내 코로나19의 확산은 과거 97년 외환위기나 2008년 금융위기와 비견될 정도로 우리 경제에 상당히 큰 충격을 주었고, 한국은행에 따르면 2020년 우리나라 경제성장률은 -1.1%를 기록하였다. 또한, 높은 수준의 폐쇄조치와 맞물린 경제활동의 위축은 산업 전반에 거쳐 고용을 크게 악화시키는 등 노동시장에도 부정적인 영향을 주었으며, 특히 대면 서비스를 중심으로 하는 서비스업 고용은 코로나19의 직격탄을 맞은 것으로 평가되고 있다. 더 큰 문제는 수요충격에 의한 경제위기 이후 경기회복 과정에서 기업이 상용근로자의 고용을 줄이고 임시일용근로자의 고용을 확대하는 등 노동시장의 체질이 부정적인 방향으로 변하고 있다는 점인데, 이는 노동자의 안전과 건강을 지키는 일에도 큰 어려움으로 작용할 수 있다.

이에 본고에서는 노동시장과 관련된 가장 최근의 통계자료를 활용·분석하여 코로나19 이후 업종별·고용형태별로 안전보건 환경에 어떠한 변화들이 발생했는지 진단하고, 향후 변화 방향을 전망해봄으로써 주요하게 고려되어야 할 안전보건 이슈들을 도출해 보고자 한다.

II. 업종별 안전보건 환경변화 진단과 전망

제조업 부문

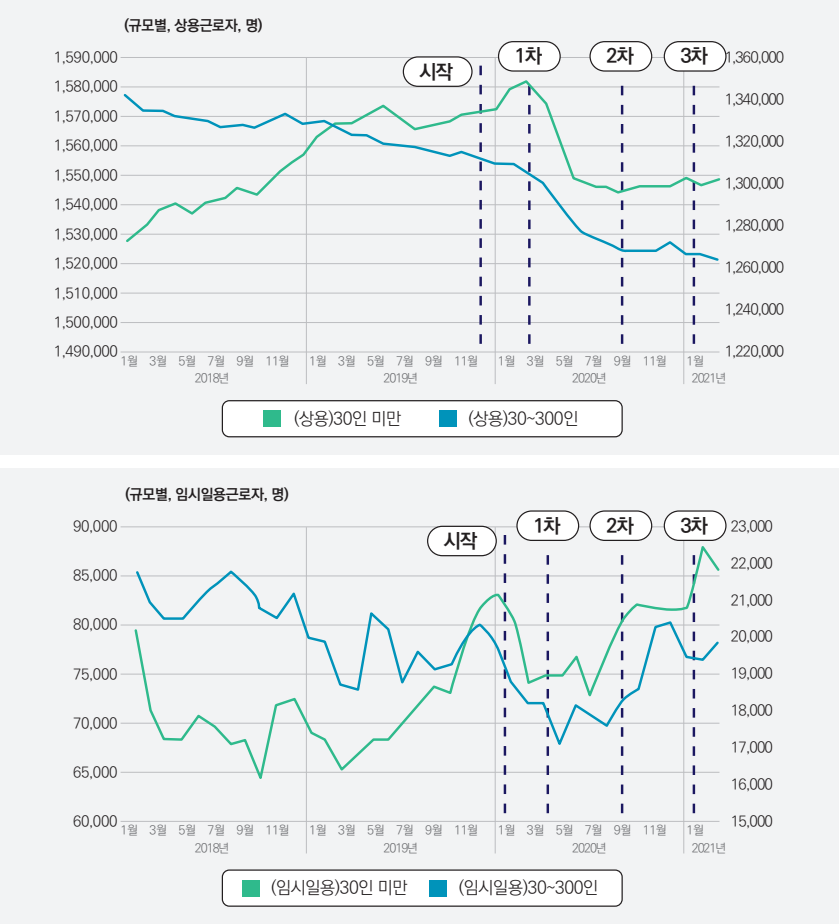


[그림1] 제조업 취업자 수(2018.01~2021.03, 단위: 천명)

출처 | 통계청 경제활동인구조사(2018. 01~2021. 03)

코로나19 이전까지 상승 추세를 보이던 전 산업 취업자[1] 수는 코로나 발생 이후 1~3차 대유행[2] 기간을 거치며 하락추세를 보인 한편, 제조업 취업자 수는 계절성을 보이며 꾸준한 하락추세를 보여 왔다. 게다가 2020년 하반기부터는 오히려 취업자 수가 상승 추세를 보여 제조업에 대한 코로나19의 고용충격은 크지 않거나 충격의 지속성이 강하지 않은 것으로 보이며, 코로나19 이후의 노동시장 변화를 연구한 대부분의 연구보고서에서도 제조업 부분에서의 충격은 타 업종에 비해 상대적으로 작은 것으로 보고 있다(산업연구원, 2020).

그러나 고용부문의 지표를 자세히 들여다보면 코로나19의 제조업에 대한 충격은 상용근로자와 임시일용근로자에게 있어서 서로 상이한 영향을 준 것으로 보인다. 구체적으로 보면 코로나19 이후 상용근로자의 고용은 지속적으로 하락세를 보인 반면, 임시일용 근로자의 고용은 1차 대유행 기간까지 잠시 하락세를 보이다가 2020년 1분기 이후 급등하는 추세를 보였다.



[그림2] 제조업 규모별 고용(상용근로자와 임시일용근로자, 단위: 명)

출처 | 고용노동부 사업체노동력조사(2018. 01~2021. 03)

1) 수입을 목적으로 1시간 이상 일한자, 주 18시간 이상 일한 무급가족종사자, 그리고 직장 또는 사업체를 가진 일시 휴직자를 말하며, 노동활동을 하고 있는 인구가 얼마나 되는지를 나타내 주는 대표적인 지표임

2) 코로나19 바이러스의 확산 시작시점을 2019년 12월경으로 할 때, 1차 대유행은 2020년 3월 초경, 2차 대유행은 2020년 8월 말경, 그리고 3차 대유행은 2020년 12월 말경으로 알려져 있음

이로 미루어 볼 때, 2020년 하반기 제조업 부문에서는 임시일용근로자 위주로 고용회복이 발생한 것으로 해석할 수 있다. 이는 상대적으로 고용이 불안정한 임시일용근로자의 고용이 증가함에 따른 고용 불안정과 더불어 안전보건 사각지대 증가가 우려되는 대목이다.

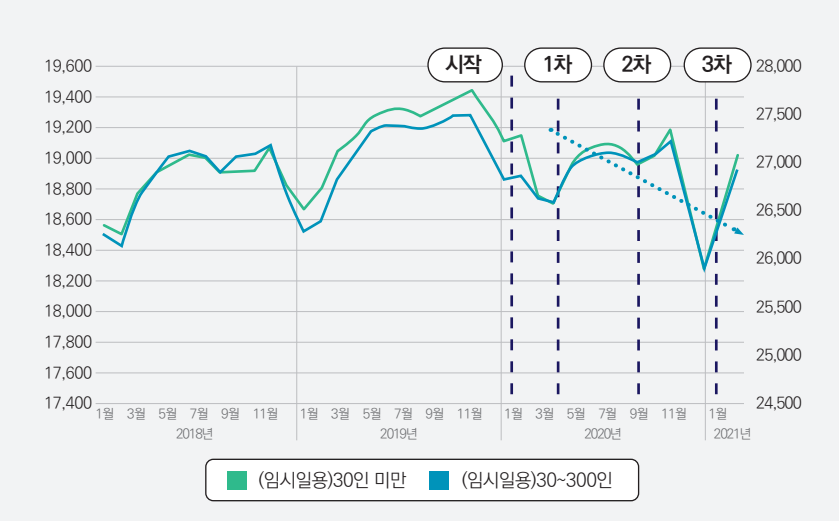
제조업 부문에서는 2020년 들어 전년동기대비 근로시간이 감소한 모습을 보였다. 상용근로자의 경우 2019년 평균 177.9시간을 일하였으나, 2020년에는 174.3시간을 일해 전반적으로 근로시간이 감소하였고(2.02%▼), 임시일용직의 경우에도 근로시간은 감소하였는데, 특히 5인 미만 소규모 사업장의 경우 2019년 96시간에서 2020년 92.8시간으로 크게 감소해(3.33%▼), 코로나로 인한 노동시장 충격이 취약계층에게 크게 나타난 것으로 판단된다. 다만, 제조업 전반에 걸친 근로시간 감소는 코로나19의 영향 외에도 주 52시간 근무제 도입 등 기존의 근로시간 감소 트렌드를 간과할 수는 없다.

[그림3] 제조업 근로시간 변화(전년 동기대비, 단위: %)

출처 | 고용노동부 사업체노동력조사(2019~2020)

서비스업 부문

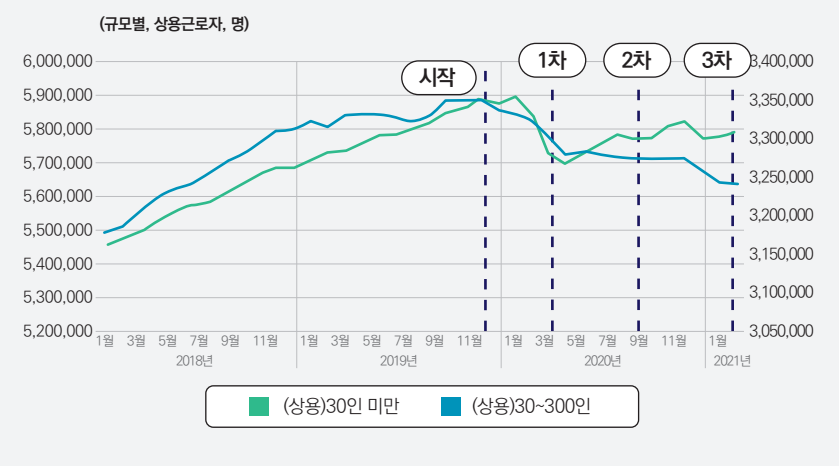
2021년 3월 기준 서비스업 취업자 수는 19,002천명으로 전체(전산업) 취업자의 70.6%를 차지하기 때문에, 전산업의 경제활동 위축 경향은 서비스업이 견인하였다 해도 과언은 아니다. 대면 서비스가 다수를 차지하는 서비스업은 코로나19의 직격탄을 맞은 것으로 보이며, 특히 1~3차 대유행을 거치며 서비스업 취업자 수는 지속적으로 하락추세를 보였다(산업연구원, 2020).

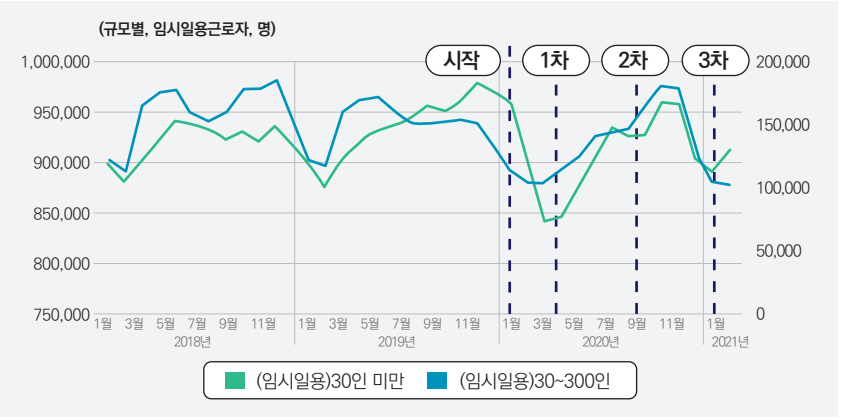


[그림4] 서비스업 취업자 수(단위: 천명)

출처 | 통계청 경제활동인구조사(2018. 01~2021. 03)

비록 서비스업 취업자 수는 2021년 2월 들어 반등세를 보이고 있으나, 2021년 상반기 들어 진행 중인 4차 유행의 정도와 지속기간이 상당한 것으로 보아 향후 고용 충격에 대비할 필요가 있겠다.

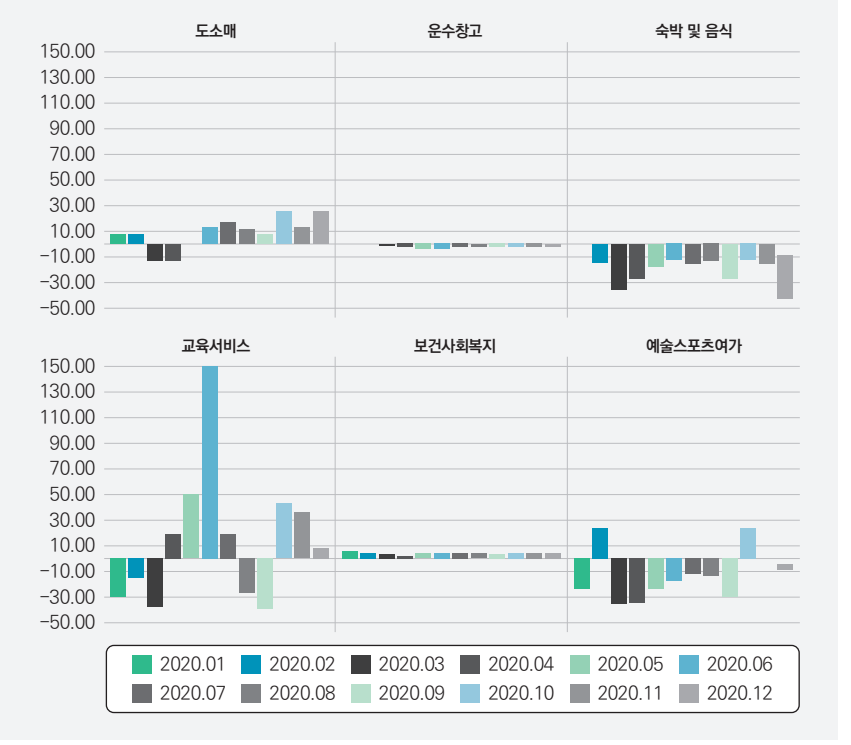




[그림5] 서비스업 고용(상용근로자와 임시일용근로자, 단위: 명)

출처 | 고용노동부 사업체노동력조사(2018. 01~2021. 03)

고용부문에서도 서비스업의 충격은 상당한 수준이며, 특히 종사상 지위별로 구분하여 보았을 때 차이가 뚜렷하게 보였다. 코로나19 이후 서비스업 부분 상용근로자 고용은 전년동기대비 전반적으로 하락세를 보인 반면, 경기변동에 민감한 임시/일용근로자의 고용은 제조업과 마찬가지로 2020년 상반기까지 하락 후 경기가 회복추세로 접어듦에 따라 급등추세를 보였다. 서비스업에서도 상대적 안전보건 취약계층인 임시일용근로자 위주로 고용이 증가하여 이에 대한 대비가 필요해 보인다.

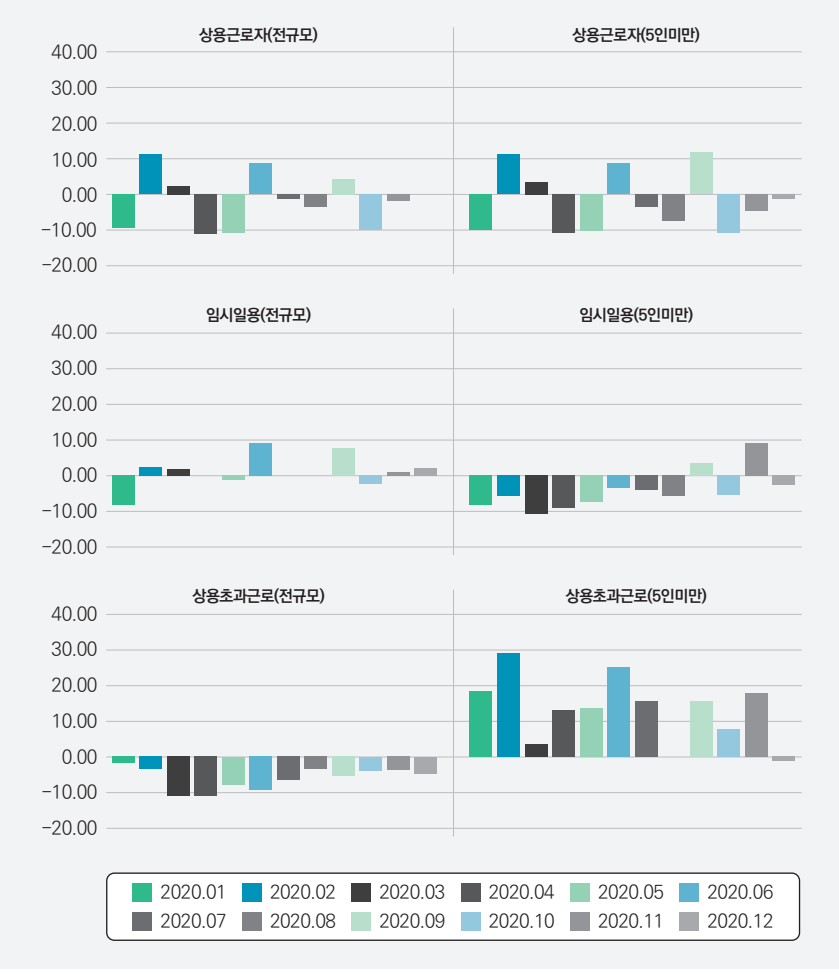


[그림6] 서비스업 세부 업종별 고용변화(전년 동기대비, 단위: %)

출처 | 고용노동부 사업체노동력조사(2019~2020)

세부 업종별로 살펴보면, 서비스업 내에서도 업종마다 고용 충격이 상이하게 나타났는데, 도소매업의 경우 전년동기대비 고용은 2020년 상반기 감소하였으나 하반기에 상승하여 보합세를 보였고, 대면 서비스가 주를 이루는 숙박 및 음식업과 예술-스포츠-여가 업종의 고용은 연중 전년 대비 큰 폭으로 하락하였다. 그러나 감염병 방역 등 활성화에 따라 2019년 1,797천명이었던 보건사회복지서비스업의 고용은 2020년에 1,891천명으로 늘어(5.2%▲) 코로나19 상황에서도 전년동기대비 큰 폭의 증가세를 유지했다.

제조업과 유사하게, 서비스업 부문에서도 코로나19 이후 전반적으로 월평균 근로시간은 감소한 것으로 평가된다. 2019년 월평균 168.9시간을 일한 서비스업 상용근로자는 2020년 월평균 164.7시간을 일해 전년 대비 근로시간은 감소(2.48%▼)하였고, 임시일용직의 경우 2019년 102.5시간에서 2020년 103.4시간으로 소폭 증가한 모습을 보였지만, 5인 미만 소규모사업장에서는 2019년 92.2시간에서 2020년 87.8시간으로 역시 크게 감소하였다(4.77%▼).



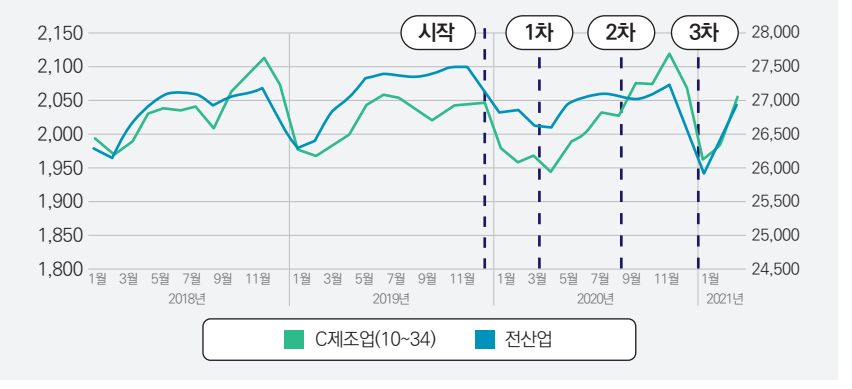
[그림7] 서비스업 근로시간 변화(전년 동기대비, 단위: %)

출처 | 고용노동부 사업체노동력조사(2019~2020)

주목할만한 점은, 5인 미만 소규모사업장에서 상용근로자의 근로시간은 소폭 감소한 반면, 초과근로시간은 전년 대비 큰 폭으로 증가(9.09%▲)하였다는 것인데, 이로 미루어볼 때, 상용근로자의 전반적인 근로시간 감소는 코로나19의 영향이라기보다는 앞서 언급한 주 52시간 근무제 의무도입 등 기존의 근로시간 감소추세에 힘입은 것으로 보인다. 다만, 코로나 확산이 심했던 2020년에 서비스업 5인 미만 소규모사업장의 전체적인 고용 감소분을 상용근로자의 초과근로가 충당한 것으로 보이며, 이에 서비스업 상용근로자의 과로에 의한 피로감 누적 및 스트레스 증가가 우려되므로 주의와 관심이 요구된다.

건설업 부문

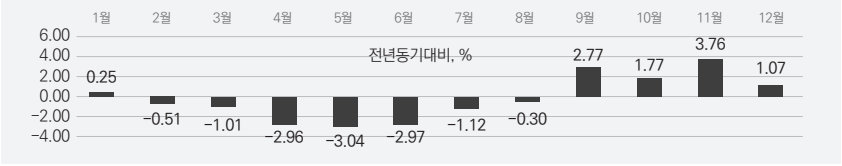
산업이 다변화되고 다양한 직종과 고용형태가 생겨남에 따라 산업재해를 유발하는 신규 유해·위험 요인들도 나날이 확대되고 있지만, 과거부터, 그리고 여전히 건설업은 산재 예방을 위해 가장 많은 인력과 자원이 투입되는 위험성이 높은 업종이다. 2020년 산업재해로 사망한 노동자 882명 중 건설업 노동자가 458명(51.9%)이라는 점이 이를 증명해주고 있으며, 건설업은 (여전히 진행 중이지만) 병마(病魔)가 휩쓸고 지나간 후에도 효과적인 산재 예방을 위해 가장 많은 물적·인적 요소를 투입해야 할 업종 중 하나이다.



[그림8] 건설업 취업자 수(단위: 천명)

출처 | 통계청 경제활동인구조사(2018. 01~2021. 03)

봄, 가을에 취업자 수가 늘어나는 계절적 추세를 제외하더라도, 2016년 1,960천명이었던 건설업 취업자 수는 2020년 2,052천명으로 소폭 상승(4.7%▲)하여 코로나19로 인한 경제활동 위축은 크지 않은 모습이다.



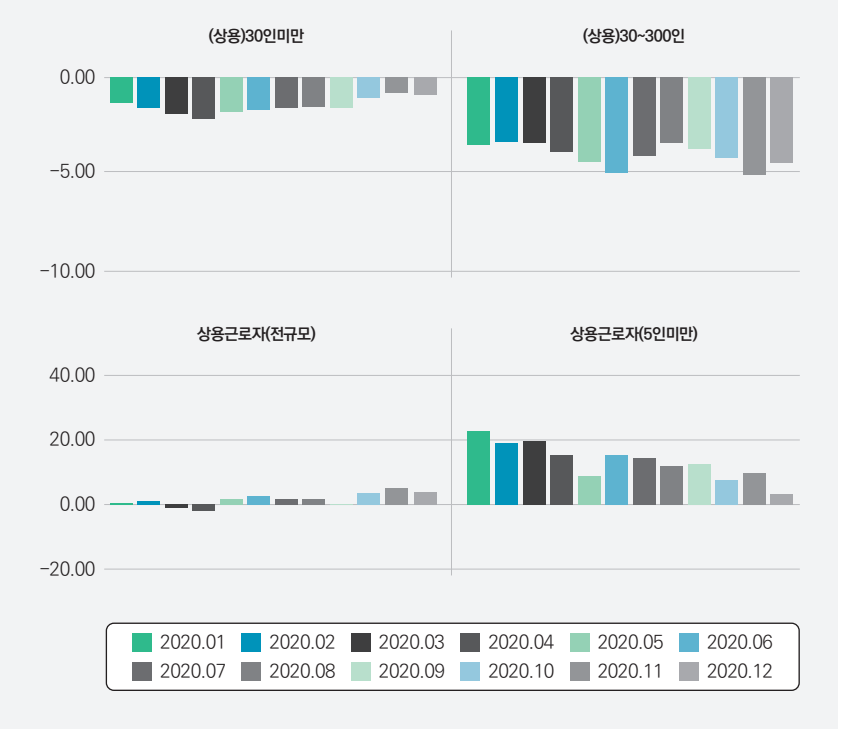
[그림9] 건설업 취업자 수 (전년 동기 대비, 단위: %)

출처 | 통계청 경제활동인구조사(2019~2020)

일각에서는 코로나 발생 초기 현장 폐쇄나 인력 및 자재·장비 수급의 어려움 등에 따라 취업률이 크게 줄어들 것으로 예상하였다. 실제로 1차 팬데믹이 본격화되었던 2020년 3월 이후부터 취업자 수가 전년동기대비 2~3% 이상 감소하는 모습을 보였지만, 하반기(9월 이후)에는 점차적인 경기회복 등의 영향으로 전년동기대비 오히려 증가하는 모습을 보였다(건설산업연구원, 2020). 다만, 건설업은 경기에 민감하고 임시일용직 비중이 높아 고용회복의 주체에 대한 면밀한 판단이 필요하여, 이에 고용부문의 변화를 함께 살펴볼 필요가 있다.

[그림10] 건설업 고용(상용근로자와 임시일용근로자, 단위: 명)

출처 | 고용노동부 사업체노동력조사(2018. 01~2021. 03)



[그림11] 건설업 근로시간 변화(전년 동기대비, 단위: %)

출처 | 고용노동부 사업체노동력조사(2019~2020)

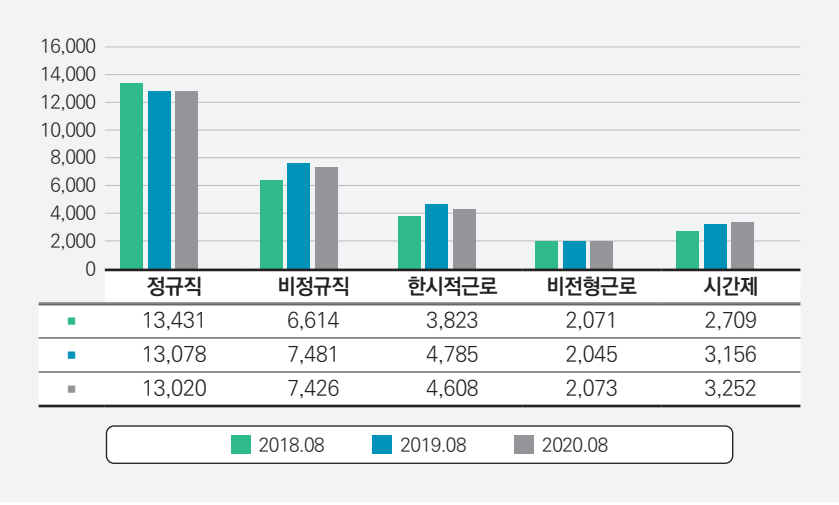
건설업부문 고용은 상용근로자와 임시일용직 근로자로 나뉘어 극명한 차이를 보였다. 상용근로자 고용은 전체적으로 전년동기대비 크게 감소하였으나, 기존의 지속적 고용감소 추세를 고려할 때, 코로나19의 영향인지는 불분명 해보인다. 한편, 전년동기대비 임시일용근로자 고용은 코로나19 이후 상승세가 더욱 심화된 모습이다. 앞서 살펴본 바와 같이 건설업 취업자 수와 고용은 전년대비 소폭 증가한 바, 상용근로자의 고용 감소를 임시일용근로자의 전반적인 고용 증가가 상쇄한 것으로 사료되며, 사고사망만인율이 가장 높은 건설업에서 임시일용근로자 고용증가가 지속됨에 따라 건설업 안전보건 취약계층 보호를 위한 종합적인 대책 마련이 필요하다.

건설업에서는 전반적으로 코로나19 전후 월평균 근로시간에 큰 변화는 보이지 않았으며(2019년 136.2시간→2020년 136.8시간, 0.44%▲), 상용근로자의 경우 계절성에 따른 근로시간 증감은 보이지만 연평균 변화는 미미한 수준이다. 그러나 임시일용직의 경우에는 경기회복에 따른 고용증가와 더불어 근로시간도 상당히 증가하였는데(전년대비 1.80%▲), 특히 5인 미만 소규모 사업장의 경우 2019년 77.2시간에서 2020년 79.3시간으로 큰 증가(2.72%▲)를 보였다. 따라서 건설업 임시일용근로자 수 증가뿐만 아니라, 이들의 근로시간 증가에 따른 문제(장시간 노동에 의한 스트레스, 과로사 증가 등)에도 집중할 필요가 있다.

III. 고용형태별 안전보건 환경변화 진단과 전망

임금근로자 부문의 변화

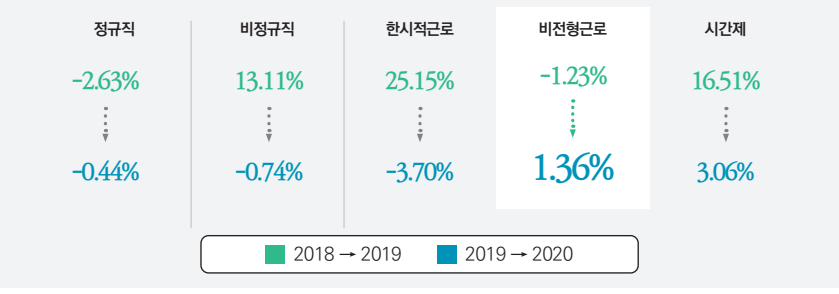
통계청 경제활동인구조사 근로형태별 부가조사표에 따르면 2020년 8월 기준 국내 임금근로자 수는 총 20,446천명이었고, 이중 정규직이 차지하는 비중은 약 64%, 비정규직은 36% 수준이었다.



	정규직	비정규직	한시적근로	비전형근로	시간제
2018.08	13,431	6,614	3,823	2,071	2,709
2019.08	13,078	7,481	4,785	2,045	3,156
2020.08	13,020	7,426	4,608	2,073	3,252

[그림12] 임금근로자 근로형태별 규모(단위: 천명)]

출처 | 고용노동부 사업체노동력조사(2019~2020)

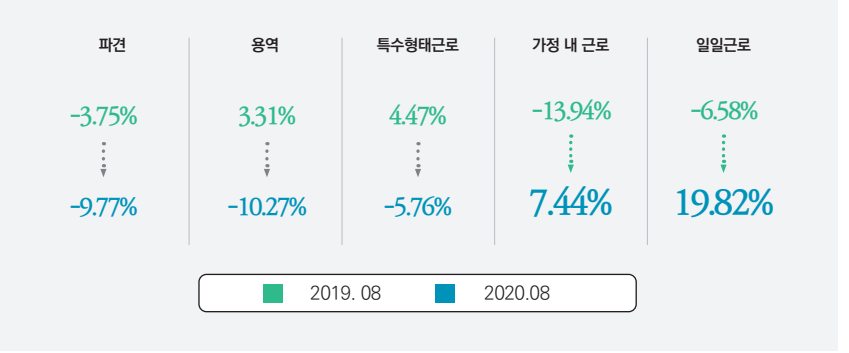


[그림13] 임금근로자 근로형태별 규모 증감률(전년동기대비, 단위: %)

출처 | 통계청 경제활동인구조사 근로형태별 부가조사(2018. 08~2020. 08)

임금근로자 고용형태별 규모변화를 살펴보면 2019년까지 꾸준한 증가추세에 있던 임금근로자 수는 2019년 8월 기준까지 상승 후 2020년 08월 기준 소폭 하락(0.55%▼) 하였고, 정규직과 비정규직으로 구분하여 살펴보더라도 대동소이한 모습을 보인다. 다만, 비정규직 중 비전형 근로자[1]의 경우 2020년에 기존의 추세를 역전하는 증가세를 보여 주목된다.

1) 비전형근로는 사용자가 일시적으로 단기간 필요한 근로를 보완하기 위해 임시로 사용하는 단기간 근로자, 다른 사업 또는 사업장에서 근로를 제공하는 파견근로자, 통상근로자보다 짧은 근로를 제공하는 단시간 근로자 등을 통칭



[그림14] 비전형근로 규모변화(전년동기대비, 단위: %)

출처 | 통계청 경제활동인구조사 근로형태별 부가조사(2018. 08~2020. 08)

[표1] 비전형근로 연도별 규모 상세(단위: 천명)

출처 | 통계청 경제활동인구조사 근로형태별 부가조사(2018. 08~2020. 08)

	파견	용역	특수형태근로	가정 내 근로	일일근로
2018. 08	13,431	6,614	3,823	2,071	2,709
2019. 08	13,078	7,481	4,785	2,045	3,156
2020. 08	13,020	7,426	4,608	2,073	3,252

비전형근로자 수 변화를 보다 구체적으로 살펴보면 파견근로자와 용역근로자, 특수형태근로종사자는 2019년에 비해 감소하였으나, 가정 내 근로자[1]와 일일(단기)근로자 규모는 전년동기대비 각각 7.44%, 19.82% 큰 폭으로 증가하였다. 특히 가정 내 근로의 경우 코로나19 이후 재택근무 확산의 영향으로 증가한 것으로 평가되며, 재택근무 시 안전보건 조치 확보와 더불어 산재 발생 시 책임주체 및 산재처리기준 명확화 등 후속연구의 필요성도 증대되는 상황이다. 또한 임금근로자의 전반적인 근로시간 감소로 인해 단기근로(투잡 등)자 규모가 증가함에 따라(조선일보, 2020) 피로감, 스트레스 상승, 비숙련노동에 의한 산재발생 가능성 증가에도 주목할 필요가 있다.

1) 가정 내 근로는 재택근무, 가내 하청 등과 같이 사업체에서 마련해 준 공동 작업장이 아닌 가정 내에서 근무가 이루어지는 형태를 말함

[표2] 고용형태별 임금근로자 산업별 비중(전년동기대비, 단위: %)

출처 | 통계청 경제활동인구조사 근로형태별 부가조사(2019. 08~2020. 08)

	제조업	건설업	도소매	운 수	숙박음식	출판	금융보험	교육	보건복지	예술여가
비정규직	-1.70	-0.60	1.90	1.60	0.20	-0.90	-2.80	-1.00	3.40	-2.50
한시적	-1.50	-6.60	-0.60	0.50	-2.80	-0.60	-3.00	-0.30	3.80	-2.20
시간제	-0.70	1.40	2.60	0.50	1.10	0.60	-1.40	-0.80	2.10	-3.50
비전형	-0.50	4.00	-1.00	-0.20	2.20	0.20	-0.80	-0.50	-0.40	-0.60
파견	-0.20	0.20	-0.50	-0.20	0.00	-0.20	0.00	-0.10	-0.20	-1.50
용역	-0.20	-1.10	0.10	-1.10	0.00	0.20	-0.20	0.10	-0.40	-0.10
특고	0.10	0.00	-0.60	1.30	0.10	0.10	-0.50	-0.50	0.10	0.50
일일	-0.10	5.10	0.20	0.20	2.10	-0.10	-0.20	-0.10	0.10	0.10

고용형태별 임금근로자의 산업별 비중변화를 살펴보면, 건설업 부문에서는 앞서 살펴보았듯이 일일근로자 비중이 2019년 8월 큰 폭(5.1%p▲)으로 증가하였고, 보건사회복지 부문에서는 일시적 방역인력 충원 등으로 한시적 근로자[1]와 시간제 근로자[2]의 비중이 증가(3.8%p▲, 2.1%p▲)하였다. 또한, 운수 및 숙박 음식업 등에서는 시간제 근로자와 특고종사자, 일일근로자 비중이 증가함에 따라, 해당 업종들에서 전반적으로 안전보건 사각지대 증가가 예상된다.

[표3] 고용형태별 임금근로자 직종별 비중(전년동기대비, 단위: %)

출처 | 통계청 경제활동인구조사 근로형태별 부가조사(2019. 08~2020. 08)

	관리자	전문가	사무직	서비스	판매	농어업	기능직	조립조작	단순노무
임금근로자	-0.06	0.09	-0.29	-0.48	-0.15	-0.05	0.02	-0.52	1.34
정규직	-0.08	0.70	-0.02	-0.42	-0.09	-0.02	-0.06	-0.50	0.50
비정규직	0.13	-1.01	-0.79	-0.48	-0.15	-0.02	0.22	-0.51	2.71
비전형	0.12	-1.03	0.07	0.53	-1.80	-0.06	1.76	-1.39	1.90
파견	0.09	-3.27	2.46	-0.23	-4.20	-0.30	2.24	-5.78	8.96
용역	0.68	1.41	0.62	0.53	0.43	0.01	0.52	-2.18	-1.91
특고	-0.20	-3.14	-0.25	-0.12	-0.56	-0.06	-0.03	0.47	4.00
가정내	0.00	-3.21	7.22	7.05	-3.82	0.00	1.72	2.21	-11.58
일일	0.00	0.35	-0.79	0.65	-0.24	-0.26	-0.99	0.03	1.34
시간제	0.03	-2.66	0.29	-2.06	0.18	0.15	0.82	-0.36	3.72

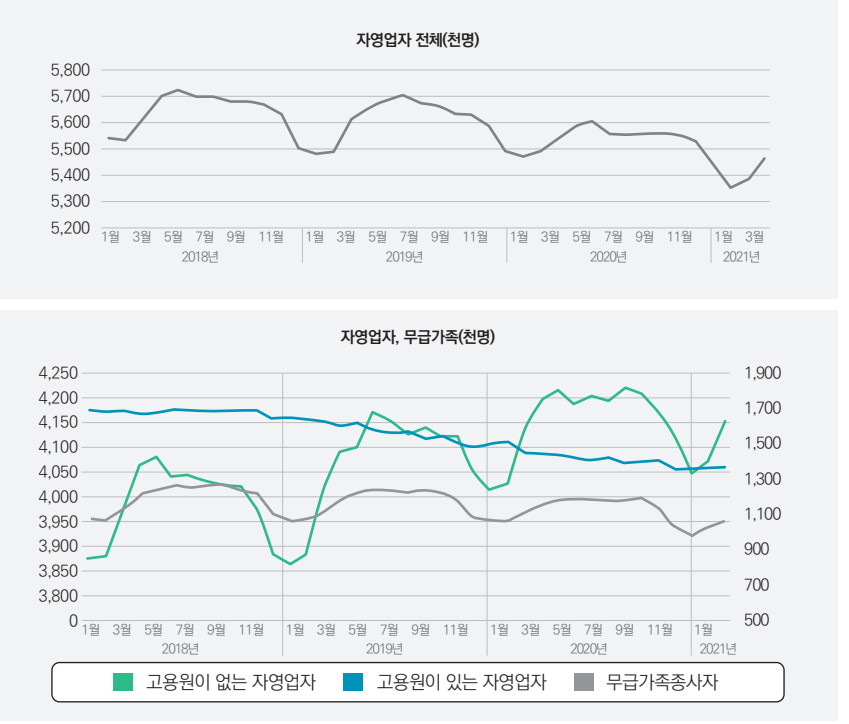
또한 고용형태 별 임금근로자의 직종별 비중 특징을 살펴보면, 일반사무직과 서비스업종에서는 재택근무 확산 등으로 인해 가정 내 근로 종사자 비중의 증가가 두드러지며(7%p▲), 안전보건 취약계층인 단순노무직종에서 비전형근로 종사자 비중 증가가 두드러져 보인다. 특히 단순노무직종에서 파견근로자 비중은 2019년 8월 대비 급증(9%p▲)하였고, 특고(4%p▲), 일일근로(1.3%p▲), 시간제 근로(3.7%p▲) 종사자 비중도 각각 증가하였다.

1) 한시적 근로자는 근로계약기간을 설정한 기간제 근로자와 갱신, 비기간제 근로자로 구분

2) 시간제 근로자는 근로시간이 동일사업장 동종 업무에 비해 1시간이라도 짧은 경우, 일반적으로 주 36시간 미만을 말함.

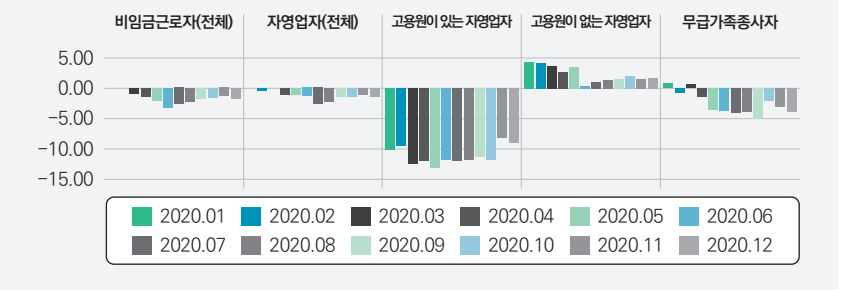
비임금근로자 부문의 변화

비임금근로자 변화를 취업자 수 중심으로 살펴보면, 2019년 동기대비 고용원이 있는 자영업자 수는 경기 악화의 영향으로 크게 감소하였으며, 개인사업자, 프리랜서 등 고용원이 없는 자영업자[1]는 오히려 전년대비 크게 증가한 모습을 보였다. 비임금근로자 취업자 수 변화를 나타낸 그래프에서 보이는 그간의 추세를 살펴볼 때, 이러한 변화의 중심에 코로나 사태가 있었다고 말하기는 다소 조심스럽지만, 분명한 것은 안전보건 사각지대에 놓여있는 '고용원이 없는 자영업자'의 수가 지속적으로 상승하고 있다는 점이다.



[그림15] 비임금근로자 취업자 수 변화(단위: 천명)]

출처 | 통계청 경제활동인구조사(2018. 01~2021. 03)



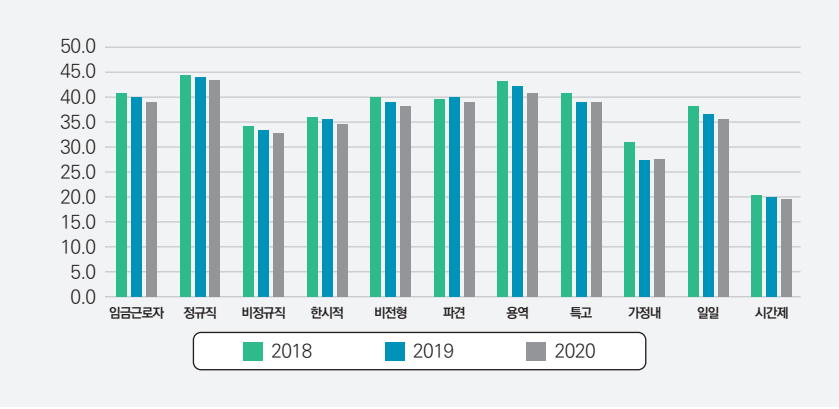
[그림16] 건설업 근로시간 변화(전년 동기대비, 단위: %)

출처 | 고용노동부 사업체노동력조사(2019~2020)

1) 개인사업자, 작가, 예술인, 농부, 어부, 행상, 노점상, 프리랜서 등

고용형태별 근로시간 변화

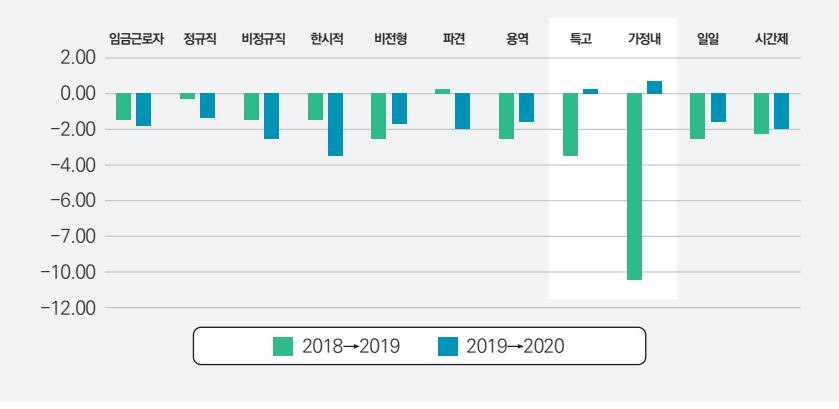
업종별 진단에서 살펴본 바와 같이, 코로나19 이후 대부분의 고용형태에서 주당 평균 근로시간은 감소하였으며, 구체적으로 정규직의 경우 2019년 4.35시간에서 2020년 42.7시간으로(2.53%▼), 비정규직의 경우 동일 기간 34.1시간에서 32.7시간으로(4.11%▼) 각각 감소하였다. 그러나 이는 장기적 근로시간 감소 추세와도 관련되어 있으므로, 코로나19의 영향으로 단정 짓기는 어렵다.



[그림17] 고용형태별 주당 평균근로시간(2018~2020, 단위: 시간/주)

출처 | 통계청 경제활동인구조사 근로형태별 부가조사(2018. 08~2020. 08)

다만, 비전형근로자 중 특고종사자와 가정 내 종사자의 경우 전년동기대비 기존의 추세를 역전하는 근로시간 증가를 보여 주목할 필요가 있다. 특고종사자의 경우 일부 산업과 업종(특히 운수, 숙박식업)에서 비중 증가와 더불어 근로시간도 증가함에 따라 취약계층의 과로 문제 등 향후 관련 연구의 추가 진행 필요해 보이며, 가정 내 근로의 경우 재택근무 확산 등에 따라 종사자 규모뿐만 아니라 근로시간 증가까지 겹쳐 재택근무 시 안전보건 조치 보완이 보다 절실히 요구된다고 할 수 있겠다.



[그림18] 고용형태별 주당 평균근로시간 변화(전년동기대비, 단위: %)

출처 | 통계청 경제활동인구조사 근로형태별 부가조사(2018. 08~2020. 08)

Ⅳ. 마치며

이상의 논의들을 바탕으로, 코로나19 이후 안전보건 환경변화 전망을 크게 근로자(Workforce), 근로시간(Work Time), 그리고 근로장소(Work Places)의 3가지 관점으로 간략히 요약해 보면 다음과 같다.

먼저, 근로자(Workforce) 관점에서 중요한 변화는 임시일용근로자의 비중이 더욱 확대되었다는 것이다. 코로나19가 시작된 2019년 12월부터 1차 팬데믹 기간인 2020년 상반기까지 급격한 경기침체로 인해 상용근로자에 대한 고용감소가 두드러졌고, 이후 하반기 경기회복 과정에서 신규고용 증대는 임시일용근로자가 견인한 것으로 보인다. 본고에서는 2021년 3월까지의 자료만을 다루고 있지만, 최근 발표된 통계청 「4월 고용동향」에 따르더라도 종사상 지위별 취업자 수는 상용근로자 311천명, 임시근로자 379천명, 일용근로자 38천명으로 임시일용근로자의 비중이 57%에 달하며, 더구나 이러한 비중 증가는 특히 5인 미만 소규모사업장에서 두드러진다. 소규모사업장 임시일용근로자는 고용이 불안정할 뿐만 아니라, 산재 예방과 보상의 사각지대에 있는 대표적인 취약계층으로, 향후 이들을 보호하기 위해 법·제도 사각지대 해소를 위한 후속연구들의 지속적 수행이 요구된다.

근로시간(Work Time)은 코로나19 이후 전반적으로 감소하였으며, 이는 코로나19의 영향뿐만 아니라 「근로기준법」 개정(2018.7.1.)을 통한 주 52시간 근로시간 단축, 정부 각 부처의 근로시간 감축 장려정책 활성화 등 기존 트랜드와도 무관하지 않다. 그러나 본고의 업종별 분석 결과에 따르면 서비스업 소규모 사업장 상용근로자의 초과근로시간과 건설업 소규모 사업장 임시일용근로자의 근로시간은 코로나19 이후 큰 폭으로 증가하였고, 고용형태별 분석에서도 특고종사자와 가정 내 종사자의 근로시간은 기존의 추세를 역전하는 증가세를 보였다. 경기활성화에 따른 수요 증가로 자연스럽게 근로시간이 소폭 증가하는 것은 반가운 일이지만, 근로자의 안전과 건강의 관점에서는 썩 달가운 일은 아니다. 더구나 근로시간 증가를 견인한 주체가 주로 5인 미만 소규모 사업장의 비전형근로자라는 점은 더욱 그러하다. 이에 취약계층의 장시간 노동, 과로사 등 보호방안 마련을 위한 보완 연구가 더욱 강화될 필요가 있다.

마지막으로 근로장소(Work Places)와 관련해서는 단연 재택근무의 확산이 눈에 띈다. 통계청 「경제활동인구조사 근로형태별 부가조사」에 따르면 2020년 8월 기준 가정 내 근로자 수는 전년동기대비 7.44% 증가한 49.1천명으로 조사되었으며, 고용노동부(2020)에 따르면 2020년 8월 기준으로 국내 기업의 약 48.8%가 재택근무를 운영하는 것으로 추정된다. 또한 코로나19가 종식되더라도 재택근무를 지속할 것이라고 응답한 기업의 비율이 51.8%에 달해, 향후에도 재택근무 추세는 지속될 것으로 예상된다. 안전보건의 관점에서 재택근무는 자율성 증대와 업무만족도 증가 등 장점과, 근로자의 고립감과 스트레스 증가, 일-가정 경계의 붕괴 등 단점이 양존하므로 보다 짜임새 있는 접근이 필요하다. 또한 재택근무 시 안전보건 조치 보완과 더불어 산재 발생 시 책임주체 및 산재처리기준 명확화 등 다양한 후속연구들의 진행도 필요해 보인다.

참고문헌

〈연구보고서〉

⋯› 건설산업연구원, 코로나19 위기 이후 일자리 변화와 건설산업 대응 방향, 건설이슈포커스 2020-21, 2020

⋯› 고용노동부, 재택근무 활용실태 설문조사 결과보고서, 2020

⋯› 산업연구원, 코로나19에 따른 산업별 고용변화와 시사점, I-KIET 산업경제이슈 제85호, 2020

⋯› 정흥준, 코로나19, 사회적 보호 사각지대의 규모와 대안적 정책방향, 고용·노동브리프 제97호, 2020

⋯› 한국은행, 코로나19의 노동시장 관련 3대 이슈와 대응방안, BOK 이슈노트 제2020-13호, 2020

⋯› OECD, 코로나19: From a health to a jobs crisis, OECD Employment Outlook, 2020

〈뉴스기사&보도자료〉

⋯› 조선일보 신문기사, "임금은 줄고 시간은 늘고... 코로나에 직장인들 투잡 대신 1.5잡 뜬다," (2020.09.08)
URL: biz.chosun.com/site/data/ html_dir/ 2020/09/08/2020090802173.html

05

산업안전보건연구원 직업건강연구실
이상길 실장

산업보건 사각지대 종사자의 직업건강적 접근

주요 내용 요약

| 4차 산업혁명시대를 맞이한 플랫폼 노동환경에서는 근로자의 직종 및 업종뿐만 아니라 근무조건, 근무환경에 따라 건강 수준이 매우 다르게 나타남
  - 직업적으로 표출되는 건강 불평등을 해소하고, 직종별 업무상 질병을 예방하기 위해서 직종별 건강실태 및 근로자 건강서비스 전달체계, 건강진단의 실효성에 대한 연구 필요

| 최근 10년간 연구원의 직업건강연구는 고령, 여성, 외국인의 경제활동 참여 증가로 인해 늘어난 산재 취약계층의 건강 보호와 업무상 질병 감소를 중점적으로 다루었음
  - 단, 여성노동자의 감정노동, 직무스트레스를 예방하기 위한 건강보호방안에 편중되어 있고, 여성 노동자들이 주로 종사하는 직종 중 돌봄 노동자에 대한 연구는 크게 미흡하며 플랫폼 노동자에 대한 연구 또한 부족

| 법적 보호를 받지 못하는 취약계층으로 부각된 플랫폼 노동자와 돌봄 등의 필수노동자에 대해 우선적으로 건강보호방안을 시급히 마련하여 플랫폼 및 돌봄 종사자의 법적 보호를 위한 법적 근거와 고용보험법, 근로기준법 등에 동시에 근거 제공
  - 고용과 소득의 위기는 근로자의 직업병 위험성을 증가할 수 있기 때문에, 건강형평성을 고려할 때 근로자의 고용현황과 실태는 반드시 검토

| 플랫폼 노동자의 근골격계질환, 감정노동, 식생활 등 전반적인 보건관리의 문제점이 제기된 만큼 제조업 중심의 근로자건강센터에서 벗어나 도심형 근로자건강센터를 설치하는 것을 고려해야 함

| 산업보건 사각지대 종사자의 직업건강적 접근을 통해 직업건강연구실은 취약계층의 산업보건 전반의 동향을 파악·분석하고, 근로자의 건강을 보호하기 위해 과로사 예방방안, 돌봄 종사자의 건강실태 및 건강보호방안, 건강불평등 해소를 위한 근로자 건강서비스 전달체계 개선방안, 보건인프라 확대를 위한 근로자건강진단 실효성 강화 등 연구를 제안

I. 직업건강 취약계층의 안전보건변화와 현 주소

현 상황

한국의 산업 현장은 전형적인 제조업에서 서비스업, 유통업 등으로 급속하게 변화하고 있으며, 빅데이터, AI와 같은 디지털 신기술을 활용한 4차 산업혁명 시대에 접어들었다. 이러한 노동환경변화는 다양하고 새로운 업종이 등장하여 업종간 구분이 모호해졌고 고용의 형태도 계약제, 도급제 등으로 다변화되고 있다.

노동(고용) 환경변화로 인해 고령 근로자, 여성 근로자, 외국인 근로자, 재택 근로자 등을 보호하는 법적 근거의 공백이 발생함에 따라 관리 사각지대가 확대되고 있다. 또한 같은 업종이라도 사업장에 따라 매우 다양한 산업보건문제가 발생하며, 같은 사업장이라도 새로운 유해요인이 발생하는 등 그 유해위험의 요인을 사전에 예방하기 어려운 상황이 발생하고 있다. 특히 재래형 직업병부터 뇌심혈관 질환 및 근골격계 질환 등의 작업 관련성 질환 등 넓은 스펙트럼에 걸쳐 질병이 발생하고 있다. 최근에는 장시간・고강도 근로, 직무스트레스, 야간작업, 수면장애 등의 문제까지 대두되고 있어 직업병 예방관리를 위해 사전・사후적인 예방 전략과 관리체계가 필요한 실정이다.

문제제기

코로나19 장기화, 재유행의 가능성, 새로운 신종 감염병 유행의 반복 등이 예상되는 상황 속에서 플랫폼 및 필수(보건, 건강 등) 노동의 사회적 요구가 증가하고 일자리가 확대되었으나, 작업량 및 작업속도의 감시・감독, 낮은 시급제 및 건당제, 호출 근로 등으로 열악한 노동환경이 근로자의 건강을 위협하는 요인으로 작용하고 있다. 특히 장시간 근로, 야간근로(작업)을 포함한 교대근무(작업), 휴게시설 및 건강검진의 보장, 연차 및 병가의 사용 등이 노동자의 직업건강상태에 직접적인 요인으로 작용할 수 있고(조성식, 2019), 직업계층 간에 나타나는 건강상태의 차이를 의미하는 건강 불평등은 4차 산업혁명시대를 맞이한 플랫폼 노동환경에서 근로자의 직종 및 업종뿐만 아니라 근무조건, 근무환경에 따라 매우 상이한 수준을 보이고 있다.

이에 따라 직업적으로 표출되는 건강 불평등을 해소하고, 직종별 업무상 질병을 예방하기 위해서는 우리 사회 내의 직종별 건강실태 및 근로자 건강서비스 전달체계 및 건강진단의 실효성에 대한 연구가 필요하다.

II. 산업보건 사각지대 종사자 대상 연구 및 정책방향

직업건강연구 성과와 한계

최근 10년간 직업건강연구분야에서는 고령, 여성, 외국인의 경제활동 참여 증가로 인해 늘어난 산재 취약계층의 건강 보호와 업무상질병 감소를 위한 연구가 주로 이루어졌다. 2012년 야간작업 종사자의 특수건강진단 항목 및 진단방법 개발 연구 등이 수행되었고, 2014년에는 「산업안전보건법 시행규칙」에 야간작업 지정 및 검사항목을 반영하였다. 야간작업 특수건강진단 종사자의 건강보호를 위한 과로사예방과 뇌심혈관계질환 예방을 위한 관리방안 연구를 지속적으로 수행하고 있다. 2013년 판례에서 감정노동자 첫 배상 판결이후부터는 감정노동자의 건강장해 및 인권 침해 등 직무 스트레스 해결을 위한 연구를 지속적으로 추진해왔으며, 새로운 취약분야의 종사자 발굴을 위한 연구와 근로자건강진단 제도개선을 통한 산업안전보건 사각지대 종사자의 건강불평등 해소를 위한 연구를 추진하고 있다.

[표1] 직업건강연구 추진현황

전략분야	세부내용(수행연도)
임금 근로자	간호직 근로자의 근골격계질환 및 직무스트레스 위험요인(2010) 근로자 직무스트레스 예방활동 지침 개발 연구(2014) 감정노동 근로자의 감정노동 실태, 위험요인, 건강영향 연구(2015) 감정노동 근로자를 위한 심신 힐링 프로그램 개발(2015) 와상후 스트레스 증후군 근로자의 정신건강증진을 위한 중재 프로그램 개발(2017) 민원대응 직원 감정노동 실태조사(2018) 감정노동 종사자의 스트레스 평가도구 개선 및 활용방안 마련(2018) 간호사 직무 스트레스 평가제도 마련에 관한 정책연구(2018) 의료기관 간호사 직무스트레스 도구 현장 적용(2019)
정규직	과로사 예방을 위한 정책 연구(2017-2018) 장시간 노동으로 인한 건강장해 및 과로사 예방방안(2020)
비정규직	야간작업 종사자의 특수건강진단 항목 및 진단방법 개발 연구(2012) 야간작업 특수건강진단 운영 실태조사 연구(2017) 야간작업 특수건강진단 실시 현황 분석(2017) 야간근무자의 수면장애 실태 및 관리방안(2017)
시간제	여성 근로자 생식독성 역학연구 설계를 위한 기초조사 연구(2014) 배치전 건강진단 개선방안 - 건설업 근로자 중심으로(2019) 조리시 발생하는 공기 중 유해물질과 호흡기 건강영향(2019) 방문서비스 직종 고객응대근로자 대상 공기매개감염병 대응지침 마련(2020) 마트노동자 근골격계질환 예방 가이드 마련에 관한 연구(2020) 유해물질 노출 사업장의 외국인 노동자 건강취약성 평가(2020)

직업건강연구 분야에서는 취약계층 종사자의 건강보호를 위한 연구가 중점적으로 추진되어 왔다. 특히 여성노동자의 감정노동, 직무스트레스를 예방하기 위한 건강보호방안에 편중되어 있고, 여성 노동자들이 주로 종사하는 직종 중

돌봄 노동자에 대한 연구는 크게 미흡하며, 플랫폼 노동자의 연구 또한 부족한 실정이다. 플랫폼을 통한 특수고용종사자 확산에 대한 다양한 예측이 있었으나(박성원 등, 2017), 코로나19로 인해 플랫폼 노동이 빠르게 가속화되었고 플랫폼을 통한 노동의 거래가 급속도로 확대되면서 플랫폼 노동시장의 속도는 예상보다 빠르게 변화하였다. 특히 고용 안정성과 근무환경 및 근로 조건에 따라 근로자의 건강수준이 매우 다르게 나타나고 있어, 특수고용직(특고), 프리랜서, 플랫폼 노동자 형태의 종사자들은 사업장 중심의 현행 산업안전보건법 관리 체계 속에서 관련 법의 공백으로 안전보건 사각지대에 놓여있다.

문헌고찰 및 제도개선 방향

Robert Reich는 코로나19에 대하여 인도의 계급제도인 카스트에 빗대어 불평등이 심화되는 현상을 지적하며 4개의 직업계급(전문 인력 등의 재택근무가 가능한 원격근로자 계층, 경찰, 의료진 등의 필수근로 계층, 식당 및 제조업체 직원 등의 무급휴직이나 실직된 무임금 근로자 계층, 노숙인 시설등의 시설 집단생활을 하는 잊혀진 계층)을 구분하였다(The Guardian, 2020). 코로나19 감염 위험으로부터 안전한지 여부에 따라 직업계층의 불평등 완화를 위해 해결해야 할 과제가 있지만, 산업보건적 측면에서는 법적 보호를 받지 못하는 취약계층으로 부각된 플랫폼 노동자와 돌봄 등의 필수노동자에 대해 우선적으로 건강보호방안을 시급히 마련하는 것이 필요하다.

플랫폼 노동자의 경우, 비슷한 유형의 작업을 하는 근로자의 전통적 위험에 추가적으로 비정규(비전형) 노동자의 위험, 플랫폼 노동에 특징적인 위험 등이 혼재되어 있다고 작업 위험에 대한 우려를 표한 적이 있었다. 또한 플랫폼 노동자의 안전보건상 위험은 일반적인 위험뿐만 아니라 물리적 작업(오프라인)에 따른 위험과 디지털 작업(온라인)에 따른 위험, 심리・사회적 위험 등 종합적인 부분을 고려해야 노동자의 건강장해를 예방할 수 있다고 보고 있다(김수근, 2019a,b). 특히 택배, 배달, 대리기사 등의 경우 10% 이상이 시간당 최저 임금도 못 받는 것으로 파악되어 안정적인 소득 보장이 중요하다고 지적된다(김수근, 2019c). 노동자의 소득확보와 보수수준이 지속적으로 보장되지 않을 경우, 노동자는 소득 확대를 위해 노동시간이나 노동 강도를 강화하여 뇌혈관질환 및 과로사 등 근로자의 건강에 위협이 될 수 있는 사례가 발생할 수 있다고 언급하였다(류현철, 2018).

필수 노동자(가사, 보건의료, 환경미화원, 택배노동자 등)의 업무상 질병은 200건 발생하였는데 그중 신체에 과도한 부담을 주는 작업이 68건, 세균 및 바이러스가 32건, 비사고성・작업관련성 요통은 25건을 차지하였다(2020년 기준). 세균 및 바이러스로 인한 업무상 질병에 대한 위험이 2위로

상대적으로 높은 수준임을 알 수 있다. 필수 노동자의 규모가 보건의료 22.5만, 돌봄 108.7만, 운송 44.4만, 환경미화 4.1만, 기타업무(콜센터) 17만에 달한다는 점을 감안한다면, 가장 높은 비중을 차지하고 있는 돌봄 노동자에 대한 건강보호 조치가 가장 중요하고, 반드시 필요한 상황이다. 또한 지방자치단체 별 지원 조례 제정을 통해 운송 및 환경미화의 경우 집중적으로 관리감독과 방역지원이 되고 있어, 상대적으로 안전보건사각지대인 돌봄 종사자의 고용 실태와 전반적인 직업성 질병에 대한 조사가 필요하다.

고용과 소득의 위기는 근로자의 직업병 위험성을 증가할 수 있기 때문에, 건강형평성을 고려할 때 근로자의 고용현황과 실태를 반드시 검토되어야 한다. 한국고용정보원은 「코로나19 고용위기 대응과 정책과제」를 주제로 세미나를 개최하여 고용보험 사각지대를 해소하기 위해 모든 취업자의 고용형태를 파악해야 할 것과 플랫폼 노동자의 고용보호를 위해 플랫폼 노동자의 조직화 지원과 플랫폼 노동자간의 네트워크 형성의 필요성을 강조하였다. 그리고 2021년 4월 주최한 산업안전보건연구원 전문가포럼에서 연세대학교 윤진하 교수는 플랫폼 노동자의 팀 학습을 통해 최고의 소속감과 안정감을 가질 수 있기 때문에 특히 조직화 지원이 필요하다고 발표한 바 있으며, 창원대학교 박보현

교수는 돌봄 노동자의 건강수준 향상에 있어 팀제 방식의 서비스 제공이 노동자의 권익보호에 도움이 된다고 강조한 바 있다.

정부는 전 국민을 대상으로 고용보험 및 산재보험 가입을 추진하고 있으나, 안전보건교육, 건강증진활동, 건강진단 등 각종 보건관리에 대한 대책은 미흡한 실정이며, 현행 사업장 중심의 안전보건관리체계를 벗어났다고 보기에는 어렵다. 따라서 향후 안전보건공단은 사업장 중심의 건강관리 틀에서 벗어나 개인(근로자) 중심의 건강관리방안을 마련하는 것이 필요할 것이다. 또한 택배・배달 종사자의 과로사 등 뇌심혈관계 질환을 시작으로 직종별 건강진단의 제도화가 앞으로 진행될 예정이다. 공단은 2021년부터 직종별 건강진단 비용지원을 통해 택배기사, 배달종사자, 환경미화원을 대상으로 작업관련성 질환자 감소를 위한 사업을 추진하고 있으며, 연구원은 직종별 건강진단 도입방안 연구를 추진 중에 있다. 그리고 유해인자 중심의 근로자 건강진단을 통해 질병을 일으키는 유해인자가 명확하게 드러나지 않더라도 노동환경의 영향으로 직업성 질환을 발병시킬 수 있다고 보고 있으며, 이는 작업관련성 질환으로 확대된다는 관련성을 인식하고 있다. 이러한 근로자건강진단의 제도개선 흐름은 근로자 개인과 사업주, 정부의 역할을 구분하고, 근로자 집단별 실태조사와 맞춤형 유해위험요인・관리항목의 지정이 필요함을 역설하는 것이라고 볼 수 있다.

앞으로 공단은 코로나19 등 국가적 감염병 발생 시 돌봄, 배달 등 비대면 대체가 불가한 업종에서 인력수요 및 물량 증가 등이 발생할 경우를 대비하여 체계적인 근로자 보호 방안을 마련하는 것이 필요하다. 또한, 긱 워커 플랫폼시장의 확대로 초단시간 근무와 단발성 임시노동이 급증하게 되어 열악한 근로여건과 장시간 근무로 야기된 노동실태를 파악하는 것이 시급하다. 특히, 플랫폼 및 돌봄 종사자의 법적 보호를 위한 법적 근거와 고용보험법, 근로기준법 등에 동시에 법적 근거를 마련할 수 있도록 건강보호방안을 수립하는 것이 필요하다.

III. 취약계층 노동자의 건강보호를 위한 연구 추진 방향

요약 및 제언

노동자의 근로환경은 곧 건강과 직결되기 때문에 코로나19 엔데믹과 재유행으로 건강관리에 소외된 산업보건 사각지대 종사자들의 노동환경 실태를 파악하는 것이 가장 시급하다. 또한 택배, 돌봄 등 취약 직업계층 노동자의 업무량과 노동 강도에 따른 직업건강 실태를 확인함과 동시에 건강관리방안을 마련하는 것이 필요하다.

산업안전보건법은 특수형태근로종사자의 보호적용을 확대하여 플랫폼 노동자의 법적 지위가 향상되었지만, 노동자 개개인의 개별 노동은 여전히 증가하고 있으며, 집단적 의사표현이 어려워 사회적 고립으로 인해 정신적 스트레스를 해결하는데 있어 어려움을 겪고 있다. 또한 2019년 플랫폼 노동 종사자의 인권상황 실태조사에서 밝힌 바와 같이 폭언 및 폭행, 인격적 무시에 대한 경험이 55%로 심리적 취약성에 노출되어 있어 플랫폼 노동자의 인권보호와 지속적인 정신건강관리가 필요한

실정이다.

안전보건공단은 50명 미만의 소규모 사업장 근로자의 직업병 및 직업관련성 질환 예방을 위해 근로자건강센터를 운영하고 있다. 근로자건강센터는 제조업 업종 등의 산업단지가 밀집된 장소에 대부분 설치되어 있다. 플랫폼 노동자의 근골격계질환, 감정노동, 식생활 등 전반적인 보건관리의 문제점이 지적된 만큼 제조업 중심의 근로자건강센터에서 벗어나 도심형 근로자건강센터 설치하는 것을 고려해야한다. 도심형 근로자건강센터에서는 쉼터 등 휴게공간의 독립적 공간 등을 마련하여 급격한 온습도 변화에 의한 뇌혈관 질환 등 과로사 건강장해 예방을 기대해 볼 수 있다. 또한 서비스 종사자의 접근이 용이한 도심형 근로자건강센터를 통해 근로자들이 필요할 때마다 직무스트레스 예방관리 상담, 건강관리 프로그램 등을 이용할 수 있도록 근골격계질환, 뇌·심혈관질환, 생활습관 등을 수시로 확인할 수 있어 근로자의 건강증진활동을 적극적으로 지원할 수 있을 것으로 사료된다. 근로자건강센터의 역할은 다음과 같이 나열할 수 있다.

- 옥외의 호출 대기시간 동안 휴게공간을 독립적으로 마련하여 급격한 온습도 변화에 의한 뇌혈관질환, 근골격계질환 등의 건강장해를 예방
- 접근성이 용이한 도심 속 근로자건강센터를 증설하여 건강상태를 수시로 확인할 수 있도록 지원하고, 건강증진활동을 지속적으로 추진하여 플랫폼노동자의 과로사 예방에 기여
- 상시적 휴게시간을 보장할 수 있는 건강관리기관을 통해 근로자가 소속감과 안정감을 느낄 수 있도록 사회 안정망으로써의 정신적 지지체계를 마련

[표2] 플랫폼 노동자의 폭언 폭행 등에 대한 경험

출처 | 플랫폼노동 종사자 인권상황 실태조사(2019)

			1달1번이상	그런적있음	그런적없음	총계
직종	대리운전	빈도	64	106	7	177
		비율	36.2%	59.9%	4.0%	100%
	퀵서비스	빈도	17	21	12	50
		비율	34.0%	42.0%	24.0%	100%
	음식배달	빈도	18	22	30	70
		비율	25.7%	31.4%	42.9%	100%
	플랫폼택배	빈도	7	19	32	58
		비율	12.1%	32.8%	26.4%	100%
	화물운송	빈도	13	54	24	91
		비율	14.3%	59.3%	26.4%	100%
	가사돌봄	빈도	4	27	174	205
		비율	2.0%	13.2%	84.9%	100%
	웹툰웹소설	빈도	9	22	27	58
		비율	15.5%	37.9%	46.6%	100%
	전문프리랜서	빈도	4	25	53	82
		비율	4.9%	30.5%	64.6%	100%
계		빈도	136	296	359	791
		비율	17.2%	37.4%	45.4%	100%

세부 추진 과제

산업보건 사각지대 종사자의 직업건강적 접근을 통해 직업건강연구실은 취약계층의 산업보건 전반의 동향을 파악 • 분석하고, 근로자의 건강을 보호하고자 한다. 직업건강보호를 위한 세부적인 장기적 연구과제는 아래와 같다.

- 과로사 예방방안 마련 연구(과로사 취약계층 및 고위험 직종의 뇌심혈관질환 발생현황, 업무 강도 및 신체부하 정도를 평가·분석)
- 돌봄 종사자의 건강실태 및 건강보호방안 연구
- 건강불평등 해소를 위한 근로자 건강서비스 전달체계 개선방안
- 보건인프라 확대를 위한 근로자건강진단 실효성 강화 연구

참고문헌

⋯› 고용정보원, 코로나19 고용위기대응과 정책과제 발표자료. 2021.
⋯› 관계부처합동, 코로나19 대응을 위한 필수노동자 보호·지원 대책. 2020.
⋯› 김수근, 플랫폼 노동과 산업보건(Ⅳ)–플랫폼업무 종사자 현황과 건강위험. 월간산업보건 vol.372. 2019a. p.14–29.
⋯› 김수근, 플랫폼 노동과 산업보건(Ⅱ)–플랫폼 노동에 대한 이해. 월간산업보건 vol.370. 2019b. p.9–25.
⋯› 김수근, 플랫폼 노동과 산업보건(Ⅰ)–플랫폼 노동에 대한 이해. 월간산업보건 vol.369. 2019c. p.20–37.
⋯› 김철식, 장귀연, 김영선, 윤애림, 박주영, 박찬임, 홍석만, 플랫폼노동 종사자 인권상황 실태조사, 국가인권위원회, 2019.
⋯› 류현철. 플랫폼노동자의 건강과 사회보장제도의 개편 필요성. 복지이슈. 서울시 복지재단. 2018. p.6.
⋯› 박성원, 진설아, 홍성민,. 트랜스휴먼 시대에 따른 미래직업세계 연구. 과학기술정책연구원. 정책연구 2017-21, 2017
⋯› 서정규, '코로나가 드러낸 불평등 대책 시급하다.' 인천일보, 2020.
⋯› 산업안전보건연구원, 플랫폼 및 돌봄 노동자 건강보호방안 포럼자료, 2021.
⋯› 조성식, 건강 불평등과 노동, 월간일터 11월호. 한국노동안전보건연구소, 2019.
⋯› Robert Reich, 'Covid-19 pandemic shines a light on a new kind of class divide and its inequalities' The Guardian, 2020.

06

라이더 유니온
박정훈 위원장

배달로 본 플랫폼 노동

주요 내용 요약

- 플랫폼노동 기반의 배달업은 미숙련 배달노동자 대폭 증가, 라이더 등급제로 인한 경쟁적 환경으로 인해 사고발생 가능성 증대 등 기존 체계에는 없던 새로운 안전문제를 야기하고 있음

- 산안법이 개정되면서 추상적으로나마 플랫폼 사업자들에게 안전관리의무가 부여됐지만 구체적인 내용은 아직 미비
  - 산재를 초래할 정도의 배달시간제한금지는 구체적인 기준이 없어 사문화된 상태이며, 안전교육 역시 동네배달대행업체에서는 전무

- 안전보건공단이나 근로복지공단은 배달과 관련하여 각종 어플리케이션에서 수집하는 데이터를 플랫폼기업으로부터 제공받아 배달 라이더 보호에 활용해야 함

I. 30분 배달제의 부활

10년 전 사라진 30분 배달이 화려하게 부활했다. 쿠팡의 치타배달과 배달의 민족(배민)의 번쩍 배달이다. 쿠팡이츠는 라이더가 여러 집을 묶어서 배달하는 관행을 깨고, 한 집 배달 서비스를 제공한다. 위기를 느낀 배민도 한 집 배달로 맞서고 있다. 빠른 배달 경쟁으로 흔히 라이더의 사고 위험이 높아질 거라 우려하지만, 문제는 단순하지 않다. 과거의 30분 배달은 직접 고용한 노동자에게 고용주가 빠른 배달을 강요하는 방식이었다. 사장이 노동자에게 주휴수당, 4대보험, 연차, 퇴직금을 제공하는 대신 노동자는 사장의 지시를 준수했다. 기업은 임금은 최저로 주면서 한 사람이 수행해야 할 배달량을 늘리는 방식으로 이윤을 챙겼다. 종속과 보호, 임금과 이윤을 교환하는 형태다.

쿠팡과 배민은 노동자의 숫자를 늘리는 방법을 택했다. 한 노동자가 수행해야 할 배달량 자체를 줄이고 한 건만 배달하게 한다. 이는 알고리즘 기술이 아니라 오롯이 근로기준법 상 노동자가 아닌 배달라이더를 개발했기 때문에 가능한 일이다. 시급을 보장하는 대신 건당으로 수당을 지급하고, 기업이 노동자에게 써야 할 비용이 없으니 라이더를 데이터 형태로 무한하게 보유할[1] 수 있다. 배달기업은 자신 덕분에 노동자들이 과거 악덕업주로부터 '해방'됐다고 주장하지만, 기업이야말로 과거 노동법의 책임으로부터 '해방'됐다. 이 같은 배달산업의 변화로 우리는 새로운 안전문제에 직면했다.

1) [직설] 30분 배달제의 부활 2021. 4.20 경향 박정훈 인용
http://news.khan.co.kr/kh_news/khan_art_view.html?artid=202104200300055&code=990100#csidxc7dd53bb13768d2b39a642d42158f7b

II. 배달산업의 전통적 안전 문제

배달업은 ‘플랫폼’이 등장하기 전부터 빠른 배송에 대한 압박과 사고의 문제가 심각했던 산업분야였다. 목소리를 내기 어려운 계층이었기 때문에 우리 사회가 주목하지 않았을 뿐이다. 도미노피자의 30분 배달제는, 도미노가 사회적으로 알려진 기업이었고 희생자가 청년이었기 때문에 화제가 됐지만, 영세한 동네 자영업자의 가게에 소속되어 배달을 하다가 사고로 사망하거나 다치는 노동자들은 여전히 주목받지 못했다. 일제 강점기 냉면과 설렁탕 배달을 시작으로 긴 역사를 가진 배달노동에 대한 산업안전보호대책은 헬멧 착용 의무화 정도가 전부다. 헬멧을 씌우는데 100년이 걸렸다. 그러나 산업은 그보다 훨씬 빠르게 변하고 있다.

음식가게 사장들은 배달을 외주화했고, 동네배달대행업체들은 음식점영업과 기사를 모집하면서 기존 노동법의 굴레에서 완전히 벗어났다. 여기서 새로운 문제들이 생겼는데, 먼저 사고의 책임을 고용주가 책임지지 않아도 된다. 산업안전의 책임은 오롯이 배달노동자 개인에게 전가됐다. 두 번째로 가게의 지도를 보거나 무전기와 문자메세지, 전화 등으로 배달을 지시받던 방식에서 핸드폰 앱을 통해 라이더가 배달을 직접 골라가기 시작하면서, 노동자들의 고개는 전방이 아니라 핸드폰 아래로 향하게 됐다. 핸드폰 앱에 노출된 배달을 먼저 터치하는 사람이 자신이 터치한 일감의 숫자에 따라 수익을 가져가는 체계에서는 산재예방정책을 상상하는 것조차 어렵다.

이는 단순히 시간압박이나 빠른 배송만의 문제가 아니다. 근본적으로는 고용형태와 임금체계의 문제이지만 구체적으로는 작업과정과 숙련의 문제와 연관된다. 과거에는 동네 지리와 지도를 완전히 익힌 경력직 라이더들만 배달 일을 할 수 있었다. 숙련된 노동자들은 전투콜을 하더라도 동만 확인하면 바로 동선을 짤 수 있어 상대적으로 핸드폰을 짧게 본다. 최근에는 네비게이션만 있으면 누구나 집을 찾아갈 수 있게 되면서 초보라이더가 배달업에 종사하는 경우가 많은데 이 경우, 보다 오랜시간 핸드폰을 볼 수밖에 없다. 핸드폰의 주소를 확인하는 것뿐만 아니라 주행 중에도 주변의 주소를 확인하느라 두리번거리면서 위험한 주행을 하게 된다. 초보라이더의 경우 기대했던 수익을 올리지 못하게 되면 과속과 난폭운전을 통해서 만회하려고 하다 보니 사고 위험이 더 높아진다. 충분히 일을 익힐 시간동안 시급이 보장되는 형태가 아니기 때문이다. 실제로 2011년부터 2020년까지

고용형태-근속기간별 사고재해자 발생현황을 보면 총 20,600건의 사고 중 1개월 미만 사고가 8,935건으로 가장 높은 비율을 차지했다. 게다가 동네배달대행업체는 누구나 창업할 수 있기 때문에 안전관리나 안전교육은 전무하다. 동네배달대행업체에 가면 시동을 켤 수 있는지만 보고 앱을 설치한 후 일을 시킨다. 일부 지역에서는 번호판도 없이 무보험으로 일을 시키는 경우도 있다. 이렇게 일을 시켰다가 사고가 나도 사업주는 처벌을 받지 않는다. 생활물류서비스산업발전법 개정을 통해 배달대행등록제를 도입하여 배달대행사업자들을 규제해야하는 이유다. 악덕 사장, 착한 사장의 문제가 아니라 안전보건의식을 제대로 갖춘 사업주가 거의 없다보니 사업장 중심의 산업안전관리가 불가능한 것이다.

배달대행라이더가 겪는 작업과정에서의 위험을 맥도날드 라이더와 비교해보자. 맥도날드에 고용된 라이더는 주행 중 핸드폰을 볼 필요가 없다. 최저시급을 보장받는 노동자라 급하게 일을 할 필요가 없고 배달구역이 1.5에서 2km 이하로 제한되어 있어 몇 개월만 지나면 지도 없이 배달 할 수 있다. 배달지에 대한 배차방식이 전투 콜이 아니라 매장에 먼저 복귀한 순서대로 배정되므로 주행 중에 핸드폰을 볼 필요가 없다.

2019년 고용노동부는 이런 차이들을 고려하지 않은 채 배달대행라이더 사고 예방을 위해 주행 중 콜을 잡는 걸 금지하는 방안을 마련했다가 큰 비판을 받았다. 낮은 건당배달료와 묶음배송이라는 작업환경을 바꾸지 않고 주행 중 콜 수락을 금지하는 것은 라이더의 수익하락만을 의미했다. 국가는 협상력이 낮은 배달 라이더를 보호할 수 있는 유일한 희망이지지만, 당시 노사 모두에게 현실을 모른 채 탁상공론만 하는 기관으로 규정 당해 안타까웠다.

고용형태, 임금체계, 구체적인 작업의 조건과 방식, 숙련도에 따라 라이더가 처한 현실은 천지 차이다. 따라서 모든 노동자들을 포괄적이고 보편적으로 보호한다는 원칙하에, 안전대책은 개별적이고 구체적으로 내놓아야 한다.

III. 알고리즘을 통한 새로운 안전 문제

전통적인 배달산업의 안전 문제는 직고용 라이더가 고용주로부터 받는 빠른 배송의 압박문제와 배달대행라이더의 전투콜로 정리할 수 있다. 전자는 사후 사고처리나 사업주 통제를 통한 산업안전정책의 관철할 수 있으나 후자는 사고처리와 사업주 통제가 쉽지 않은 난관이 있다. 2017년 3월부터 배달라이더 중 전속성을 가진 라이더의 경우 특고산재가 적용되면서 사후처리 문제는 어느 정도 해결이 됐다. 문제가 됐던 전속성 기준도 고용노동부가 폐지를 검토하고 있어 기대가 크다. 그러나 사업주 통제를 통한 산업안전정책의 관철은 묘연해 보인다. 산안법이 개정되면서 추상적으로나마 플랫폼 사업자들에게 안전관리의무가 부여됐지만 구체적인 내용은 아직 미비하다. 가령 산재를 초래할 정도의 배달시간제한금지는 구체적인 기준이 없어 사문화된 상태이며, 안전교육 역시 동네배달대행업체에서는 전무하다.

이런 와중에 배달산업은 수도권을 중심으로 또 한 번 새로운 변화를 맞이하고 있다. 바로

알고리즘과 평점제도의 도입이다. 과거의 배달대행은 '플랫폼'이라는 말이 민망할 정도로 사업주의 직접적인 업무지시로 운영됐다. 근태관리는 물론 강제적인 배차지시가 보편적으로 일어났기 때문에 사실상 근로기준법상 근로자가 위탁 계약서만 쓴 상태로 일하는 형태였다. 2019년 라이더유니온이 등장하고 '근로자성'문제가 본격화되면서 배민, 요기요 같은 대형 플랫폼들은 직접적 지시에서 탈피하여 알고리즘 시스템을 본격적으로 도입하기 시작했다. 막대한 유휴인력을 보유한 서울 수도권은 사람들이 아무 때나 로그인해서 플랫폼기업의 배달업무를 수행하게 하는 것이 가능해 보였다. 쿠팡이츠는 막대한 자금력을 동원해서 사람들이 배달앱을 깔고 배달노동자가 되게 했다. 배달노동자로 등록해서 일정정도의 일을 하면, 보너스를 지급했으며 자신의 친구들을 배달노동자로 끌어들이면 끌어들인 라이더에게도 보너스를 지급했다. 이런 흐름 속에서 코로나19까지 터지자 실업자들과 소득이 감소한 노동자들이 쉴 새 없이 플랫폼에 로그인하기 시작했다.

이로 인해 세 가지 새로운 문제가 발생했다. 첫 번째로 미숙련 배달노동자들이 엄청나게 늘어났다. 한 번도 오토바이를 타보지 않았던 1종 보통 면허 소지자가 익숙하지 않은 도로를 쌩쌩 달리는 것만큼 아찔한 것은 없다. 전동퀵보드나 전기자전거를 개조해서 속도를 높여 배달하는 사례도 늘어나고 있다. 두 번째로 배달거리의 문제다. 배달주문앱이 등장하면서 음식점들은 광고비만 투자하면 4~5km 떨어진 장거리 손님들에게도 가게를 노출시킬 수 있다. 손님들은 배달앱 상단에 있는 음식점들을 가까운 가게라고 착각하는 경우가 많은데, 광고비를 많이 낸 가게일 뿐이다. 배달라이더들도 특정지역에 기반한 동네배달대행사와 계약을 맺고 일하는 게 아니라 전국구로 매장을 보유한 대형 플랫폼과 직접 위탁 계약을 하므로 배달 구역이 넓어졌다. 쿠팡이츠의 경우 구를 넘는 것은 보통이고 도를 넘어가는 경우도 있다. 배달노동자들은 자신이 익숙한 동네를 넘어 낯선 도시로 가면 모두 주변을 두리번거리며 아찔하게 운전하는 초보자가 된다. 세 번째로 보험의 문제다. 쿠팡이츠의 경우 라이더가 영업용 보험에 가입했는지 확인하지 않는다. 국민들은 자전거나 전동퀵보드로 쿠팡이츠에서 일하는 라이더와 사고가 나면 제대로 된 보상을 받지 못할 가능성이 크다. 쿠팡이츠의 경우 오토바이 라이더도 영업용보험에 들지 않고 일을 할 수 있다. 이 경우 보험사는 면책을 하게 되는데, 이런 오토바이와 큰 사고라도 난다면 국민들은 제대로 된 피해보상을 받지 못하고 사고를 낸 라이더는 경제적으로 파산할 가능성이 높다.

한편, 플랫폼이 자유롭게 일하는 라이더를 활용하면 그에 따른 위험도 생겨난다. 플랫폼은 라이더의 배송품질에 대해 통제하기 어렵다. 자유롭게 일하는 라이더가 로그인 하지 않거나 알고리즘이 배정한 배달을 거절하면 배달업무가 수행되지 않아 음식점주와 소비자로부터 외면받는다. 이 때문에 플랫폼들은 평점시스템을 도입한다. 쿠팡이츠는 과도하게 거절을 하거나 평점이 낮으면 앱 접속 자체를 하루 또는 일주일 동안 정지시킨다. 요기요는 수락율에 따라 배달료에 차등을 두는 것은 물론 휴식과 휴일 근태에 따라 등급차이를 둔다. 이 등급을 유지하기 위해 요기요 라이더는 화장실도 못가고 장시간 노동에 시달린다. 요기요는 미리 스케쥴을 신청하고 그 스케쥴에만 일을 할 수 있는 시스템인데, 1등급은 수요일, 2등급은 목요일, 3~4등급은 금요일에 스케쥴을 신청할 수 있다. 1등급이 피크시간인 점심과 저녁 스케쥴을 차지하고 나머지 등급 라이더는 1등급이 선택하지 않은 스케쥴만 신청할 수 있기 때문에 수익에 큰 타격을 입는다. 라이더는 등급에 매달릴 수밖에 없는 것이다.

배민 역시 알고리즘과 평점시스템을 도입해서 운영 중이다. 그런데 이 알고리즘은 몇 분내 픽업 몇 분내 배달을 하라고 앱을 통해 알려준다. 이것자체가 압박인데 배민은 라이더에 대한 불이익이 없다라고 말할 뿐 넉넉하게 시간을 주지는 않는다. 특히 알고리즘이 정해준 순서대로 배달을 해야 하는데, 가게에서는 상점주가 왜 이렇게 늦게 왔냐고 화를 내는 경우도 더러 있다. 라이더들은 배달을 할것이냐 아니냐만 선택할 수 있고, 순서 역시 알고리즘이 정해주는대로 가는 것이기 때문에 라이더의 잘못이 아니지만 그로인해 파생하는 갈등은 라이더들의 책임이다. 이 때문에 상점주들이나 손님들과의 갈등이 벌어지는데, 이로 인해 감정에 손상을 입더라도 보호 받을 수 있는 방법이 없다. 감정노동 종사자 보호법에는 특수고용노동자가 빠져있다.

라이더유니온의 문제제기로 많이 알려졌지만 해결하기 어려운 문제가 또 있다. 알고리즘이 정하는 시간은 직선거리 기준이다. 산이나 강, 오토바이 출입을 막는 갑질 아파트, 교통체증과 날씨 같은 변수는 반영하지 않는다. 시간압박 뿐만 아니라 요금제 역시 직선거리 기준이기 때문에 라이더들이 이를 모르고 잘못 배차를 수락했다가 산을 돌아가야 하는 상황이 생기거나 대학건물처럼 부분적으로 오토바이 출입을 막는 건물에 배정이 되면 무리한 운전을 할 수밖에 없다.

IV. 배달라이더들을 보호하기 위한 정책제언

배달라이더의 안전문제를 이야기하면, 가장 먼저 떠올리는 게 실태조사다. 대면 설문조사는 노동조합을 통하지 않는 이상, 개별적으로 일하는 라이더에게 적합하지 않다. 라이더들도 정신없이 일할 뿐만 아니라 기업이 노동자에게 제공하는 정보들이 부분적이기 때문에 자신의 데이터를 정확히 알 수 없다. 가령 라이더들은 흔히 자신의 수익을 부풀려 이야기하는데 순간적으로 돈을 많이 버는 날을 기준으로, 월 수익이나 연봉을 계산하기도 한다. 또한 이들은 자신의 노동에 대해 정확히 알고 싶은 욕구로 구글 타임라인을 사용해 자신이 달린 거리를 직접 측정하고 있다.

라이더들의 노동조건을 가장 정확하게 아는 것은 기업이다. 기업은 로그인 시간 이동거리 배달료 등을 오차 없이 파악하며 라이더들이 만든 데이터를 토대로 배달시간과 배달료 등을 책정하는데 다시 활용한다. 플랫폼이 가진 장점이 있다면, 정확한 데이터 수집이 가능하다는 점이다. 이 기술자체를 부정할 필요는 없다. 문제는 기업이 이 데이터를 배달료 삭감이나 배달시간 단축, 노무관리의 효율화 수단으로만 사용하는데 있다. 수집된 데이터를 공공의 이익이나 노동자들을 위해 활용할 방법을 모색하는 것이 국가의 역할이다. 라이더가 배달하면서 기업에게 제공하는 데이터는 노동자들의 노동 뿐만 아니라 도시의 도로인프라, 교통체증 등 사회가 함께 비용을 지불해서 얻은 데이터다.

물론, 이 데이터를 무작정 기업에게 내놓으라고 하면 영업비밀이라는 이유로 거절당하기 쉽다. 따라서 노동자의 안전과 보건에 관한 데이터를 중심으로 제공받을 필요가 있다. 노동시간, 사고 데이터, 주행거리, 알고리즘에 대한 반응속도 등은 산재사고예방을 위해 꼭 필요한 데이터들이다. 배달 라이더들이 당하거나 일으키는 교통사고는 국민들의 안전과도 연관되어 있기 때문에 도시의

안전문제이기도 하다. 기존의 기업들이 기부나 일자리 창출로 사회적 책임을 다했다고 한다면, 도시자체를 작업장으로 이용하는 기업들은 자신들이 수집한 데이터 중 일부를 공공의 이익을 위해 제공함으로서 사회적 책임을 져야 한다.

근로복지공단과 산업안전보건공단이 플랫폼기업으로부터 데이터를 제공 받을 명분이 강한 기관이므로, 이를 위한 시범사업을 해보는 것도 좋다. 이것이 오프라인의 배달라이더에게 설문지를 돌리는 것보다 중요하다. 실무적으로도 편리하다. 산재사고시, 라이더들은 자신이 일하다 사고가 난 걸 입증하기 위해 일한 기록을 앱에서 캡쳐해서 근로복지공단에 제공하기도 하는데, 일부 지사장들은 산재신청을 한다고 하면 앱 접속자체를 막아버리는 경우도 있다. 프로그램사가 곧바로 근로복지공단에 로그인시간이나 배달기록들을 제공하거나 공단에서 바로 조회를 해볼 수 있게 시스템을 구축하면 보다 빠르게 산재처리를 할 수 있고 재해를 입은 라이더들은 요양과 재활에 집중할 수 있을 것이다. 또한 사고가 자주 일어나는 계절, 날씨, 지점, 시간 등을 파악해서 예방조치를 할 수도 있다. 안전교육 역시 오프라인보다 앱을 통해 시청하도록 하고 짧은 영상을 시청해야만 로그인 할 수 있도록 바꾼다면, 교육의 효과를 입증하거나 노동자들의 노동시간 데이터 등을 파악해볼 수 있다.

알고리즘 이외에도 당장 할 수 있는 구체적인 조치들도 있다. 라이더들의 경우 비가 올 때 미끄러짐 사고가 많이 나는데, 주요 사고지점이 맨홀 뚜껑과 지하주차장, 그리고 도로의 갓길 등이다. 맨홀 뚜껑은 이륜차가 미끄러져 사고가 나는 경우가 많아 대책이 필요하다. 지하주차장의 페인트 역시 비나 눈이 오는 날에는 얼음판과 같아 다리가 부러지는 사고가 자주 일어난다. 횡단보도 페인트 재질도 미끄러운데, 오토바이가 안전하게 지나갈 수 있도록 모양이나 재질을 바꾸는 것도 대안일 수 있다. 방지턱도 문제다. 기준에서 벗어나 너무 높게 제작 된 경우가 있는데 이는 이륜차 라이더의 허리에 큰 부담을 준다. 우리 도로환경이 전반적으로 사륜차 기준으로 설계되어 있어 발생하는 문제들이다.

도로 정책도 변화가 필요하다. 이륜차가 사륜차 사이를 지나가서 교차로 맨 앞에 있는 것이 보편적이기 때문에 대만처럼 교차로 맨 앞에 이륜차 대기 장소를 마련해주고, 이륜차 주차장을 충분히 확보해서 이륜차 운전을 양성화하는 것도 방법이다. 현재 이륜차에 대한 단속 위주의 정책만으로는 안전운전을 유도하기 어렵다. 도로 위의 약자인 이륜차를 배려하되 교통법규 단속을 철저히 하는 타협이 필요하다.

본 원고는 작성자의 주관적인 견해이며, 연구원의 의견과 다를 수 있음을 알려드립니다.

OSH

Rİ:

VİE

İw

OSHRI : Practice

01. 원격조종(소형) 타워크레인 안전작업 매뉴얼 개발

02. 반도체 산업 관련 화학물질 노출에 대한 독성발현경로(AOP) DB 구축

03. 1,2-디클로로프로판 및 일산화탄소 측정 분석방법 안전보건기술지침 개발

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

01

원격조종(소형) 타워크레인 안전작업 매뉴얼 개발

건설현장에서 타워크레인 사용 중 재해가 지속적으로 발생하고 있으며, 특히 원격조종 타워크레인 운전 중 사고발생 빈도가 높아지고 있다. 그러나 타워크레인 운전원 등을 위한 실용적인 안전작업 매뉴얼은 미흡한 실정이다. 이에 원격조종 타워크레인의 작업안전성 강화 방안 연구를 통해 타워크레인 재해원인분석, 국내·외 매뉴얼 분석, 현장 실태조사 결과 등을 반영하여 『원격조종 타워크레인 안전작업 매뉴얼』을 개발하였다. 동 매뉴얼은 관리감독자, 운전원, 신호수, 줄걸이 작업자가 반드시 숙지 및 준수해야 할 내용으로 구성되어 있으며, 책자로 제작되어 타워크레인 사용 사업장 등에 배포하였고, 안전보건공단 누리집에 게시하였다.

집필자
박주동 연구위원* | 산업안전보건연구원 산업안전연구실
박종용 교수 | 경기대학교 건설안전학과

연락처
052-703-0844 | likeaceo99@kosha.or.kr

I. 배경

원격조종(소형) 타워크레인은 유인 타워크레인의 구조 및 안전장치와 다를 바 없으나, 운전석이 없어 운전원이 양중물을 확인할 수 있는 임의의 장소에서 신호수의 신호에 따라 휴대용 컨트롤러를 이용하여 조종하는 장비를 말한다. 원격조종 타워크레인을 포함한 타워크레인의 양중작업에서 최근 10년 간(2010~2019년) 줄걸이 오류, 위험장소 접근, 무전기·컨트롤러 사용 미숙, 신호 전달체계 오류 등의 원인으로 중대재해 30건을 포함하여 총 343건의 재해가 발생하였다. 이에 따라 원격조종 타워크레인을 이용한 작업과정에서 발생할 수 있는 재해를 예방하기 위해 관리감독자, 운전원, 신호수, 줄걸이 작업자가 반드시 숙지해야 할 안전작업 매뉴얼을 개발하여 실무 업무에 활용하는데 기여하고자 하였다.

II. 실용화 내용

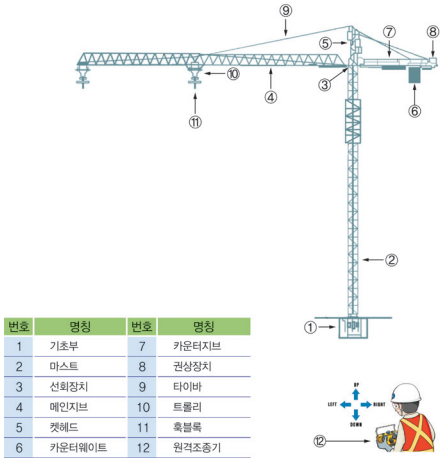
원격조종 타워크레인 안전작업 매뉴얼 개발

원격조종(소형) 타워크레인 작업안전성 강화방안 연구를 통해 국내·외 제도와 매뉴얼 분석, 재해원인 분석, 설문 및 실태조사 등을 통해 도출된 결과 및 시사점을 토대로『원격조종(소형) 타워크레인 안전작업 매뉴얼』을 개발하였다. 동 매뉴얼은 일반사항, 운전원 매뉴얼, 신호수 매뉴얼, 줄걸이 작업자 매뉴얼 및 부록으로 구성되어 있다.

(1) 매뉴얼 일반사항

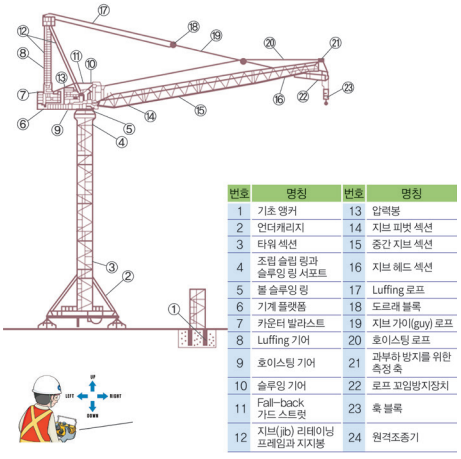
1) 타워크레인 주요 구조부위 명칭

원격조종(소형) 타워크레인은 T형과 러핑(L형)이 있으며, T형 타워크레인과 러핑(L형) 타워크레인의 주요 구조부위 명칭은 다음과 같다.



번호	명칭	번호	명칭
1	기초부	7	카운터지브
2	마스트	8	권상장치
3	선회장치	9	타이바
4	메인지브	10	트롤리
5	캣헤드	11	훅블록
6	카운터웨이트	12	원격조종기

[그림1] T형 타워크레인

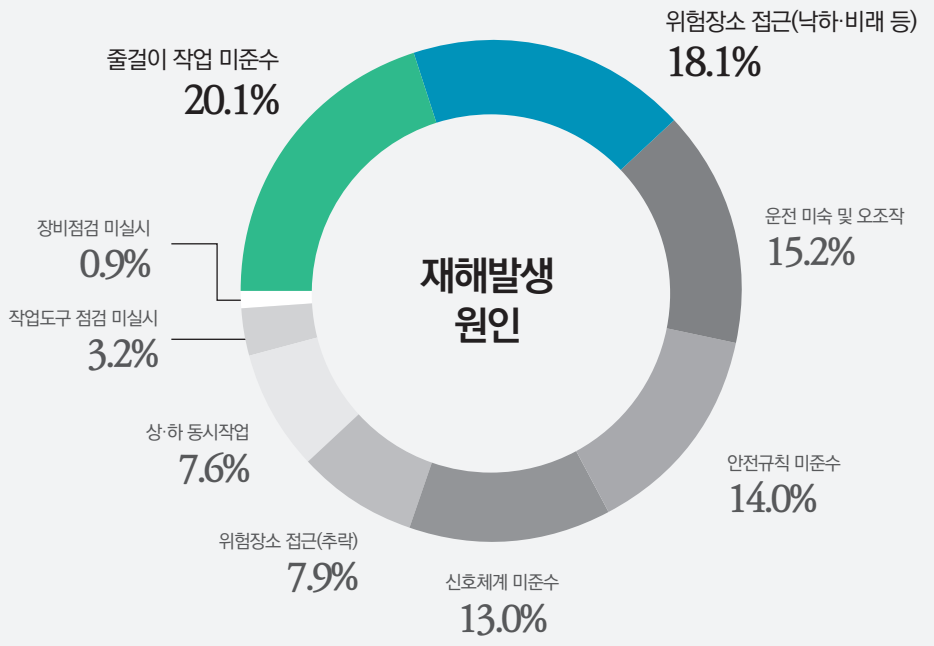


번호	명칭	번호	명칭
1	기초 앵커	13	압력봉
2	언더캐리지	14	지브 피벗 섹션
3	타워 섹션	15	중간 지브 섹션
4	조립 슬림 링과 슬루잉 링 서포트	16	지브 헤드 섹션
5	볼 슬루잉 링	17	Luffing 로프
6	기계 플랫폼	18	도르래 블록
7	카운터 발라스트	19	지브 가이(guy) 로프
8	Luffing 기어	20	호이스팅 로프
9	호이스팅 기어	21	과부하 방지를 위한 측정 축
10	슬루잉 기어	22	로프 꼬임방지장치
11	Fall-back 가드 스트럿	23	훅 블록
12	지브(jib) 리테이닝 프레임과 지지봉	24	원격조종기

[그림2] 러핑(L형) 타워크레인

2) 타워크레인 재해발생 원인 및 현황

최근 10년간(2010~2019년) 타워크레인의 재해발생 원인, 발생건수와 점유율을 분석한 결과는 아래와 같으며, 줄걸이 작업방법 미준수(20.1%), 위험장소 접근(18.1%), 운전 미숙 및 오조작(15.2%) 등의 순으로 발생하였다.



구분	재해원인	기여원인	발생건수
1	줄걸이 작업방법 미준수	줄걸이 방법 미숙지 / 줄걸이 용구와 인양고리(Lifting lug) 불량, 관리 미흡 / 안전수칙 미준수	69
2	위험장소 접근 (낙하 • 비래, 충돌 • 협착)	작업순서 미준수 / 작업방법과 계획 미수립 / 잘못된 판단에 의한 개인의 임의 행동	62
3	운전 미숙 및 오조작	불필요한 행동동작(작업중 통화, 대화, 흡연, 음악 청취 등) / 착각 또는 긴장에 의한 실수, 피로(졸음 등)	52
4	안전규칙 미준수	작업방법 미준수 / 악천후 시 작업수행 / 유도로프 미사용 / 잘못된 판단에 의한 개인의 임의 행동	48
5	신호체계 미준수	신호방법 미숙지 / 신호순서 미준수 / 1인이 다른 작업 병행 / 사각지대 임의 조종, 신호내용 착각	45
6	위험장소 접근(추락)	추락위험 장소에 임의 접근하여 운전, 신호, 줄걸이 작업 실시 / 보호구 미착용 / 작업발판 또는 안전통로 미설치	27
7	상·하 동시작업	작업계획 미수립 / 하부작업 통제 미실시 / 하부 통제 장소 임의 접근, 통제 불이행	26
8	작업도구 점검 미실시	안전점검 미실시(일일, 정기) / 불안전한 상태 방치	11
9	장비점검 미실시	안전점검 미실시(일일, 정기) / 불안전한 상태 방치	3
		합계	343

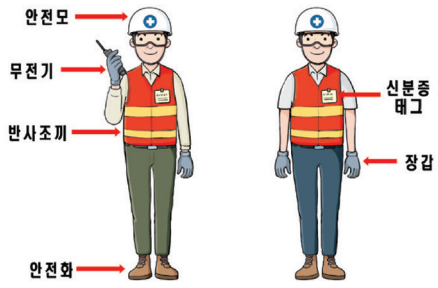
[그림3] 최근 10년간(2010~2019년) 재해발생 원인 및 현황

3) 관리감독자 준수사항

관리감독자는 작업 시작 전 중량물 취급계획서를 작성, 검토하고 이에 대한 위험성평가 실시(대상 작업원 참여) 및 작업을 수행하는 작업원에게 위험요인과 예방대책을 주지시킨 후 작업을 진행해야 한다.

작업자의 자격과 복장 확인

- 운전원, 신호수, 줄걸이 작업자 각 직무별 자격 조건의 적합성 확인
- 운전원, 신호수의 복장 상태 확인



작업내용 숙지 상태 확인

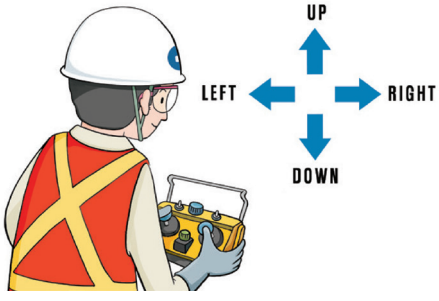
- 운전원, 신호수, 줄걸이 작업자에게 주지시킨 내용을 반복하여 확인 후, 작업 중 예상되는 위험요인에 대한 제어대책 교육

신호체계 확인

- 무전기 충전상태, 송수신 감도
- 신호 용어의 숙지상태(무전기, 수신호)

시운전 및 장애물 확인

- 기능별 정상 작동 여부
- 작업반경 범위의 통제 상태
- 운전 중 주변 장애물 유무



4) 무전기 신호 용어

무전기 사용 시 오조작 사고가 발생하지 않도록 운전원, 신호수, 줄걸이 작업자 모두 동일한 용어를 사용해야 하며, 1단 정지 후의 신호는 구체적 거리를 명확히 표현하여 신호해야 한다. 예를 들면 "20cm 정도 천천히 내리고, 정지"와 같이 명확히 신호를 보내야 한다. 무전기 신호 용어에 대한 예시는 아래와 같다. 지상에서 자재를 건물 위로 올리는 신호는 다음과 같이 할 수 있다.

> "올리고 1단 → 스톱(정지) → 잠시 대기 → 줄걸이 상태 확인 중입니다. → 예, 다시 올리고 1단입니다.
> → 이상 없는 경우, 올리고 3단까지, 00동 슬래브로 이동시켜 주세요."

[그림4] 무전기 신호 용어에 대한 예시

(2) 운전원 매뉴얼

운전원 매뉴얼은 크게 운전원의 역할과 자격, 운전원의 직무 및 운전원 재해예방 대책으로 구성하였다. 운전원은 크레인의 조종을 맡은 사람으로 신호수가 무전기로 송신하는 용어를 명확히 수신하여 크레인의 작업반경 내에서 컨트롤러 조종을 통해 양중물을 목적 장소로 안전하게 이동시키는 자로서 작업 시 반드시 안전수칙을 준수하며 작업해야 한다.

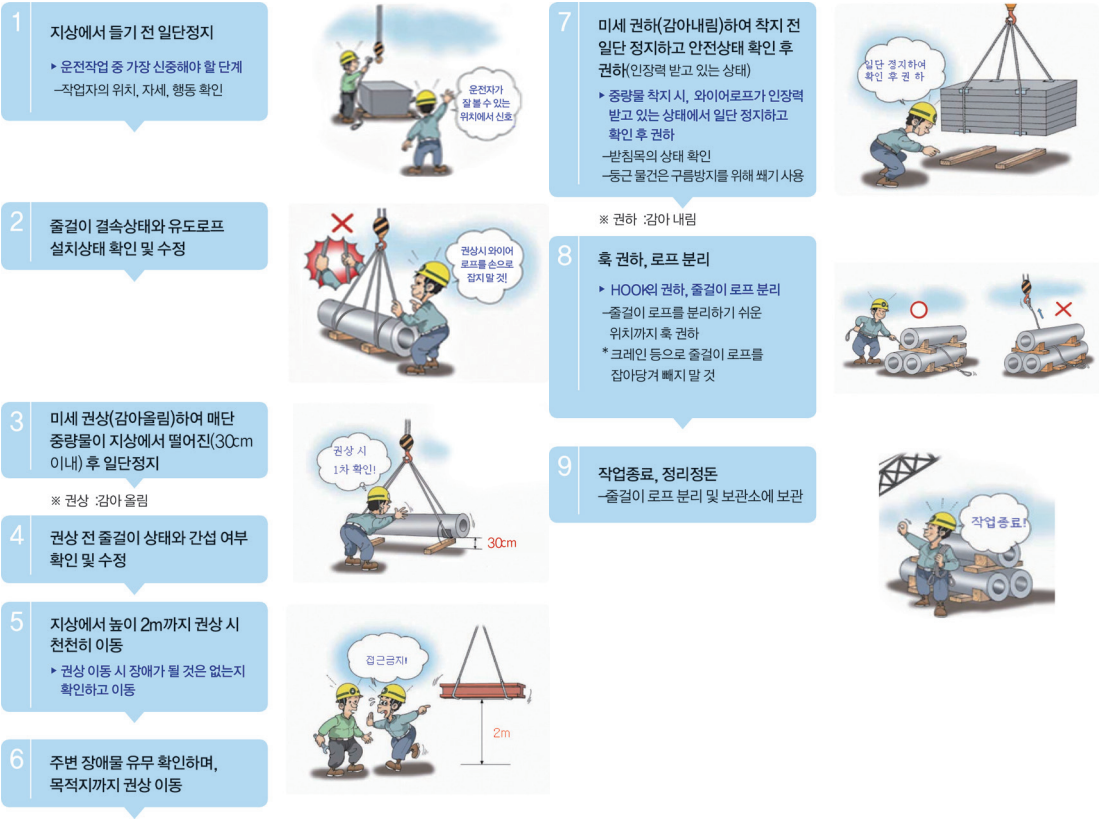
또한, 타워크레인의 대형사고 및 지속·반복되는 사고 예방을 위해 운전 시 반드시 준수해야 할 운전원 10대 금지사항을 작성하여 다음과 같이 제시하였다.

[그림5] 운전원 10대 금지사항

(3) 신호수 및 줄걸이 작업자 매뉴얼

신호수 매뉴얼은 신호수의 역할, 교육, 직무 및 신호수 재해예방 대책으로 구성하였으며, 줄걸이 작업자 매뉴얼은 줄걸이 작업자의 역할, 교육, 직무 및 줄걸이 작업자 재해예방 대책으로 구성하였다. 특히 신호수와 줄걸이 작업자의 이해를 돕기 위해 그림과 사진을 활용하여 「양중작업 3.3.3 지키기」 및 「양중순서 및 작업방법」을 아래와 같이 제시하였다.

[그림6] 양중작업 3.3.3 지키기



[그림7] 양중순서 및 작업방법

원격조종 타워크레인 안전작업 매뉴얼 제작 및 배포

『원격조종(소형) 타워크레인 안전작업 매뉴얼』을 개발하여 건설업체 본사, 타워크레인 유관기관 등 187개소에 5,000부를 배부하였으며, 안전보건공단 누리집에 게시하여 무료로 다운로드 받을 수 있도록 하였다. 원격조종 타워크레인 작업과 관련된 분들이 동 매뉴얼을 반드시 숙지하여 안전수칙을 준수한다면 원격조종 타워크레인의 재해예방에 크게 기여할 것으로 기대한다.

원격조종 타워크레인 작업안전 매뉴얼 다운로드 방법

안전보건공단 누리집(www.kosha.or.kr) → 자료마당 → 안전보건자료실 → "타워크레인" 검색 → "원격조종(소형) 타워크레인 안전작업 매뉴얼" 다운로드

Contents

Ⅰ 개요 03
1. 매뉴얼 소개 04
2. 조직과 직무(작업팀의 구성 및 직무별 역할) 11
3. 용어 13
Ⅱ 운전원 매뉴얼 15
1. 운전원의 역할 16
2. 운전원의 자격 16
3. 운전원의 직무 17
4. 운전원 재해예방 대책 21
Ⅲ 신호수 매뉴얼 24
1. 신호수의 역할 25
2. 신호수의 교육 25
3. 신호수의 직무 25
4. 신호수 재해예방 대책 29
Ⅳ 줄걸이 작업자 매뉴얼 31
1. 줄걸이 작업자의 역할 32
2. 줄걸이 작업자의 교육 32
3. 줄걸이 작업자의 직무 32
4. 줄걸이 작업자 재해 예방대책 36
Ⅴ 부록 38
1. 재해사례 및 예방대책 39
2. 관련 법규 41
3. 수신호 방법 47
4. 타워크레인 관련 주요 Q&A 49
5. 관리감독자를 위한 참고사항 54
6. 줄걸이 도구 관리기준 71

참고문헌

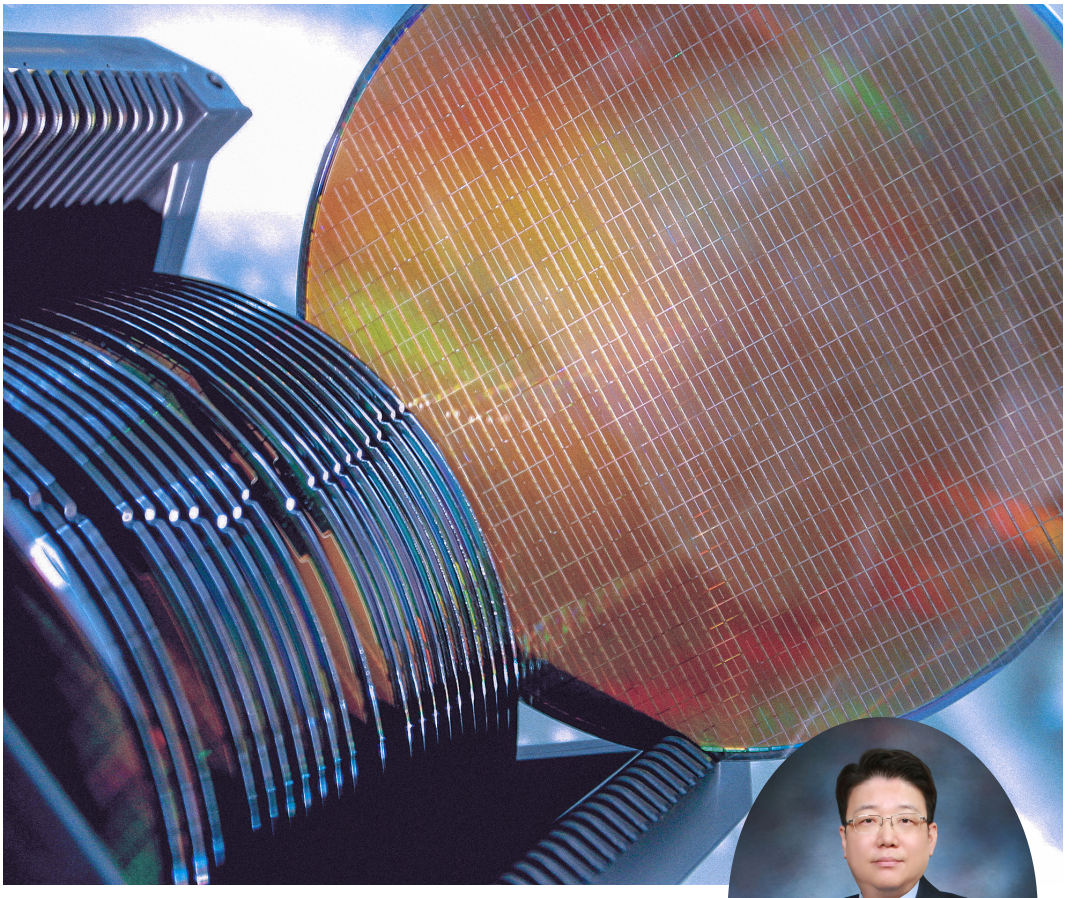
···› 고용노동부, 안전보건공단, 원격조종(소형) 타워크레인의 작업안전 매뉴얼, 2021, 안전보건공단

···› 박종용 등, 원격조종 타워크레인의 작업안전성 강화 방안연구, 2020, 산업안전보건연구원

02

반도체 산업 관련 화학물질 노출에 대한 독성발현경로(AOP) DB 구축

빅데이터를 활용한 사회이슈 해결, 반도체, 전자산업 관련 현안 해결 및 미래대응을 위하여 독성발현경로(AOP)에 대한 DB를 구축하였다. 특히 반도체공정 화학물질 만성 · 발암성 흡입독성시험 대상물질 선정 효율화를 위하여 사회적 이슈인 반도체, 전자산업 관련 화학물질 노출에 대한 독성발현경로의 구축에 대한 각 수준별 시험자료를 정리했다.



집필자
임경택 부장* | 산업화학연구실 시험기획부

연락처
042-869-8541 | rim3249@kosha.or.kr

I. 배경

반도체산업 화학물질이 사회적으로 큰 이슈가 되었음에도, 그 화학물질의 사용실태와 위험성을 제대로 파악하기에는 어려움이 있었다. 매년 반도체 기술이 발달함에 따라 사용되는 화학물질의 세부특성이 달라질 수 있고, 반도체의 생산량, 기술의 발전에 따라 화학제품의 종류와 양이 수시로 변하기 때문이다. 화학물질이 단일 성분으로 사용되기도 하지만 많은 제품은 혼합물의 형태로 사용되며, 반도체 공정 특성상 영업비밀 물질이 다수 포함되어 있다. 또한, 반도체 회사마다 사용하는 화학제품명이 다르고, 그 성분도 다르며, 반도체 산업의 기술보호 특성으로 인해 화학물질 정보가 공개되기 어려운 측면이 있다.

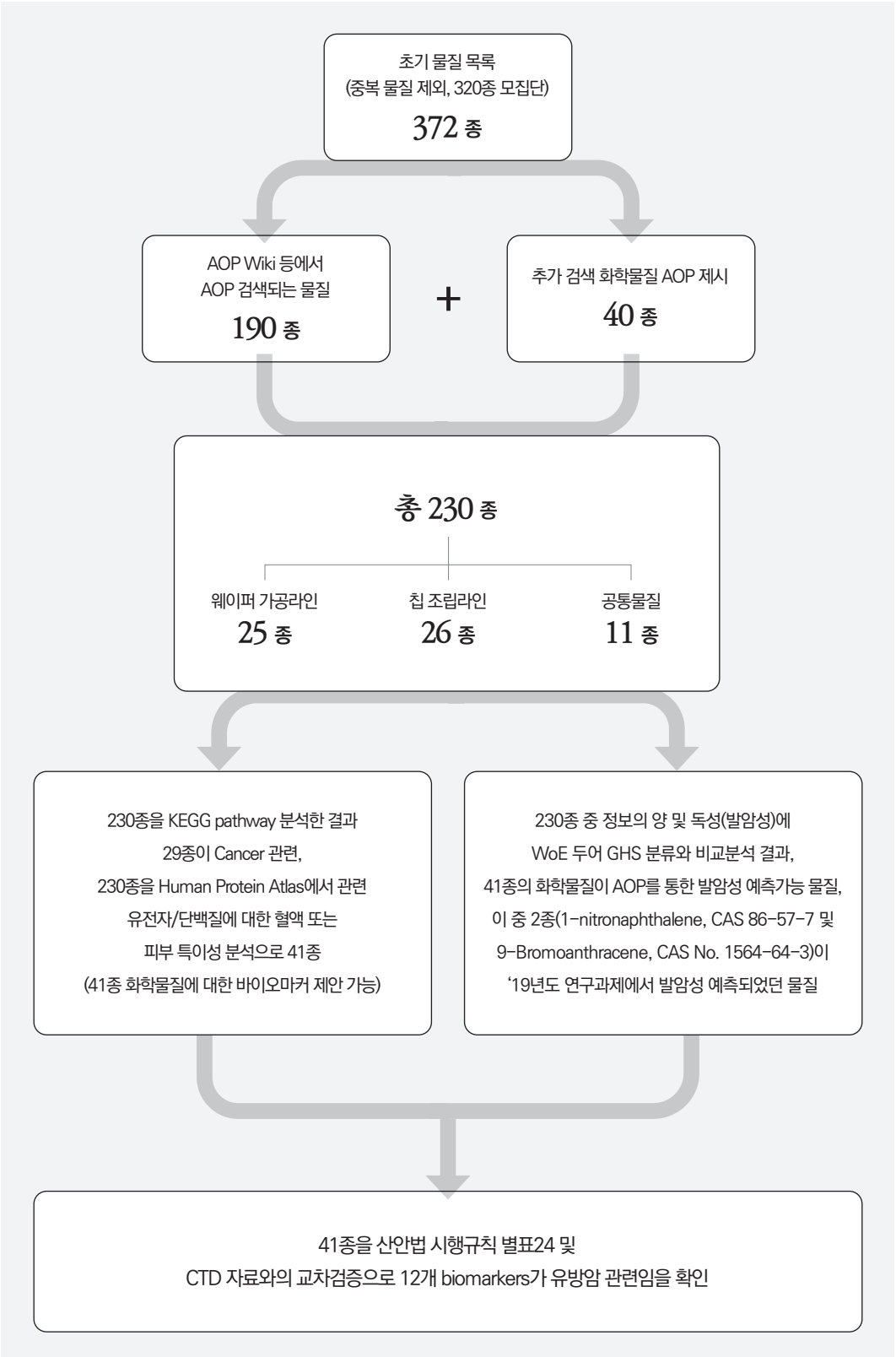
본 연구에서는 반도체산업 화학물질의 안전보건상 취약점들을 보완하고, 반도체산업 화학물질의 만성·발암성 흡입독성시험 대상물질 선정의 효율화를 기하기 위해, 반도체산업에서 취급하고 있는 기존 및 신규화학물질을 중심으로 그 화학물질의 생물학적 표적이 되는 "분자→유전자→세포→조직→병변→질병"의 각 수준별 주요현상관계(Key event relationship)에 대한 시험자료를 검색 · 분석 및 연계함으로써 인체 유해성평가의 효율화 방안을 마련하고자 하였다.

II. 실용화 내용

선행연구 분석 및 세부 연구결과

본 연구는 320종의 모집단 화학물질 중 독성발현경로(Adverse outcome pathway, AOP)가 검색되는 190종과 추가검색된 40종의 화학물질을 대상으로 AOP를 살펴보았다. 반도체산업 화학물질 중 직업성 질환 특이 바이오마커의 비교탐색(190종 중 41종)을 실시하였고, 산안법 시행규칙 별표24(특수·배치전·수시건강진단의 검사항목) 및 Comparative Toxicogenomics Database (CTD)[1] 자료와의 교차검증을 통해 12개 바이오마커가 유방암 관련임을 알 수 있었다. 이에 직업성 질환 발생에 특이적인 50종의 화학물질에 대한 AOP를 제시하였다. 화학물질 발암성 추정도구로써 AOP 응용을 위해 단일물질과 혼합물질에서의 응용가능성을 고찰하였으며, 반도체산업 화학물질에 의한 직업병 발생의 병리학적 및 안전관리적 예방(안)을 제시하고, 화학물질 예측독성평가 사업에 활용 가능하도록 하였다.

1) http://ctdbase.org/



[그림1] AOP DB 구축, AOP 제안 작업과정의 체계도

1) 반도체산업 공정별 자료검색 및 입력으로 분석내용을 정리했으며, 독성발현경로(AOP)를 검색하고 및 동일 AO, 공정, 유해성에 대한 분석을 수행하였다. 또한 AOPwiki[1], AOP-KB[2]를 통하여 기존 AOP를 확인한 후 검증하였고, 반도체산업 화학물질의 AOP 분석에 사용한 사이트들을 정리하였다.

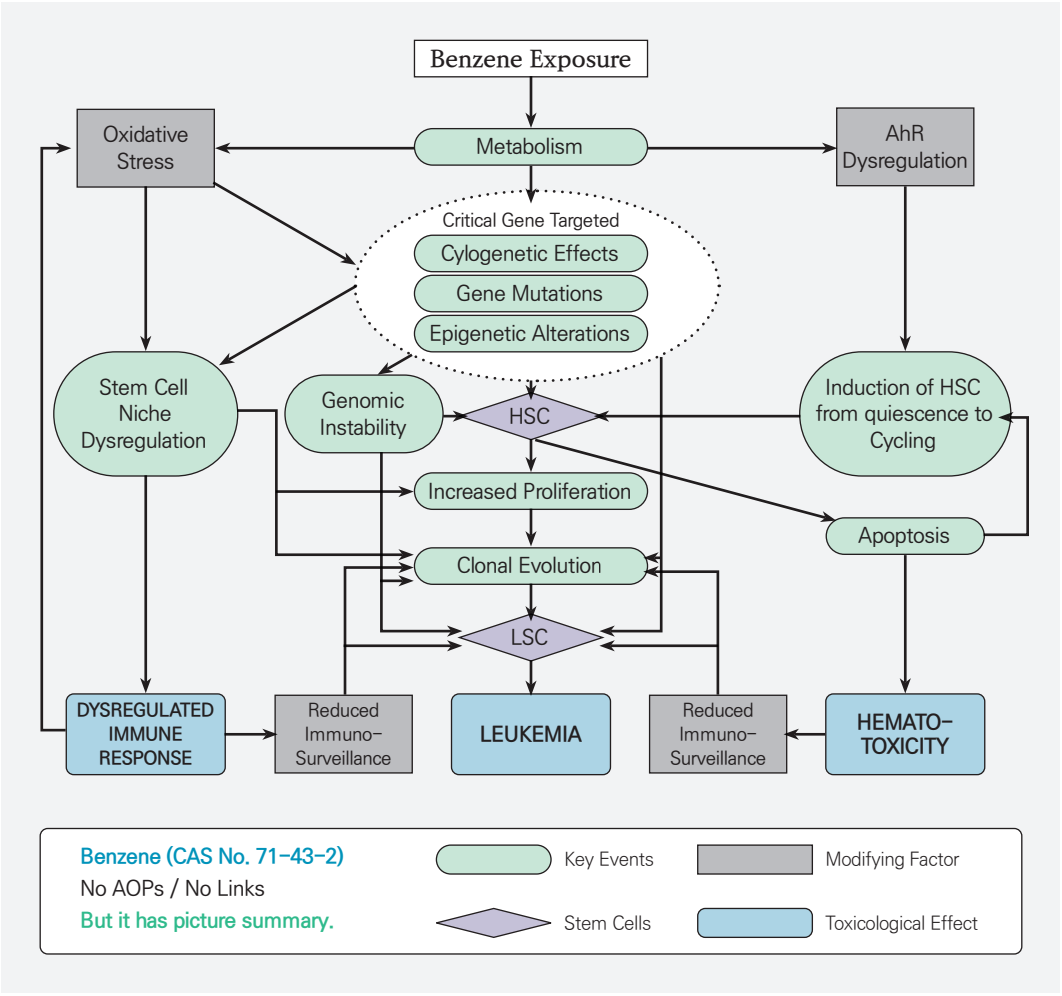
동일 AO	· 459 increased, Liver Steatosis · 1193 N/A, Breast Cancer · 1136 Impaired recruitment, Population trajectory · 505 Decreased sperm quantity / quality in the adult, Decreased fertility · 719 Increase, Adenomas/carcinomas(hepatocellular) · 947 Increase, Early Life Stage Mortality · 972 Decreased fertility, Reduced number of oocytes ovulated
동일 공정	· 공정 전반 1종 · 웨이퍼 가공라인 18종 – 건식 식각 1종, 습식 식각 2종, 이온주입 공정 1종, 포토 공정 13종, CVD 2종 · 칩 조립라인 31종 – 후면연마공정 3종, 칩 접착 3종, 몰드 공정 11종, 인쇄 공정 1종, 솔더볼 부착 공정 3종, 테스트 공정 2종, 세정/세척 4종, 유지보수 1종, 기타 3종 · 기타 추가물질 등
동일 유해성	· 유사 질병 및 기전 · 동일 표적 장기 · 동일 바이오마커 등

[그림2] 반도체산업 화학물질의 AOP 분석개요

2) 이를 통해 48종 화학물질에서 11개의 AOP(AOP_36, 58, 60, 61, 66, 107, 150, 153, 163, 187, 200)가 있음을 알 수 있었다. 단, 벤젠(Benzene) 노출로 인한 독성현상의 경우 개략도는 있지만, AOP는 아직 개발되어 있지 않음을 확인하였다.

1) https://aopwiki.org/

2) https://aopkb.oecd.org/index.html



[그림3] 벤젠의 노출로 인한 독성발현경로 개략도

3) 반도체산업에서 발생한 업무상 질병에 대한 인정 사례와의 상관성을 분석하기 위해 위 참고문헌의 내용을 분석 고찰하였고, 대표적인 인정 사례를 찾을 수 있었다. AOP 추가 DB 검색으로 스트레스 요인의 독성발현경로(stressor AOP, sAOP) DB 내용을 입력하였으며, 103종의 화학물질이 AOPs를 갖으며, 26종은 반도체업종에서 사례증거(Case evidences)를 갖는다는 것을 알 수 있었다.

4) AOP 분석 결과를 엑셀 프로그램으로 정리하였다. 전체 320종의 화학물질은 42개 AOPs를 갖고, 주요 190종 화학물질이 11개 AOPs에 해당함을 알 수 있었으며, '19년도 연구(반도체업종 화학물질의 in silico 독성예측) 결과물과 비교하여 아래 사항을 알게 되었다.

- 변이원성(복귀돌연변이 by Derek & Sarah-Nexus, Danish, Vega, T.E.S.T.(EPA), OECD Toolbox)의 경우, ('19년도 연구의) 모든 프로그램에서 양성으로 예측된 물질 8종 중 4종이 해당 AOPs가 있고, 발암성(By Derek & Sarah-Nexus, Danish, Vega)의 경우, 모든 프로그램에서 양성으로 예측된 물질 11종 중 2종이 해당 AOPs가 존재했다.

자문회의 및 이를 반영한 보완 추진

1) AOPwiki에 AOP가 구축되어 있는 화학물질에 증거의 가중치(Weight of evidence)[1]를 주어 재분류한 190개 물질에 대해, CTD, pathway studio[2], sAOP[3] 상에서 검색되는 data 및 참고문헌 내용을 분석하여 중심 사건(key events, KE)으로 사용하도록 했다.

2) 상기 190개 물질에 대해, CTD 및 Pathway Studio 상에서 검색되는 자료 및 참고문헌 내용을 분석하여 유사성(예: 동일 생물종, 표적 기관, 경로 등)을 분류하고, 중심사건 관계(key event relationship, KER) 타당성 분석을 통해 참고문헌의 실험적 결과를 수집하고 분석하여 KE, KER에 대한 근거자료로 제시하였다.

3) 추가적으로 각 화학물질들에 대한 정보 및 독성 기준을 분류하여 증거의 가중치(WoE) 근거자료로 별도 정리하였다.

추가 AOP 검색 및 교차검증

1) AOP Exploratory Research Assistant(AOPERA)의 각 단계별 도구를 활용하여 부가적인 연구결과들을 얻을 수 있었다.

2) AOP 체계화를 위한 추가정보의 검색(190종에 대한 사람 및 실험동물 관련 문헌 등 자료 조사)을 CTD, ATSDR[4], sAOP 등의 DB를 활용하여 수행하였으며, 이상의 결과물들을 종합함으로써 AOP 자료의 체계화를 이루고자 하였다.

AOP 자료의 체계화

1) 190종 화학물질과 사람 및 실험동물에서의 혈액·조직병리, 병변, 기관, 개체의 질병과 연계하여 자료(40종)를 구축하고 고찰하였으며, 공통인자(공정별 시험자료, 바이오마커[5], AOPs, 질병 등) 선별 고찰하였고,

2) 반도체산업 화학물질 관련 특이 바이오마커의 제안으로, AOPs에서 전사체인 mRNA 발현의 응용과 더불어 바이오마커로서의 활용 가능성을 검증하였다. 직업성 질환 특이적 AOPs 분석 및 KER을 제시하고 생물분류학적(Taxanomic) 분류, 화학물질 발암성 추정도구서의 AOPs 분석 결과를 제시하였다.

---

1) 관련 정보의 중요도 및 개수에 기준한 자료 분석 방법

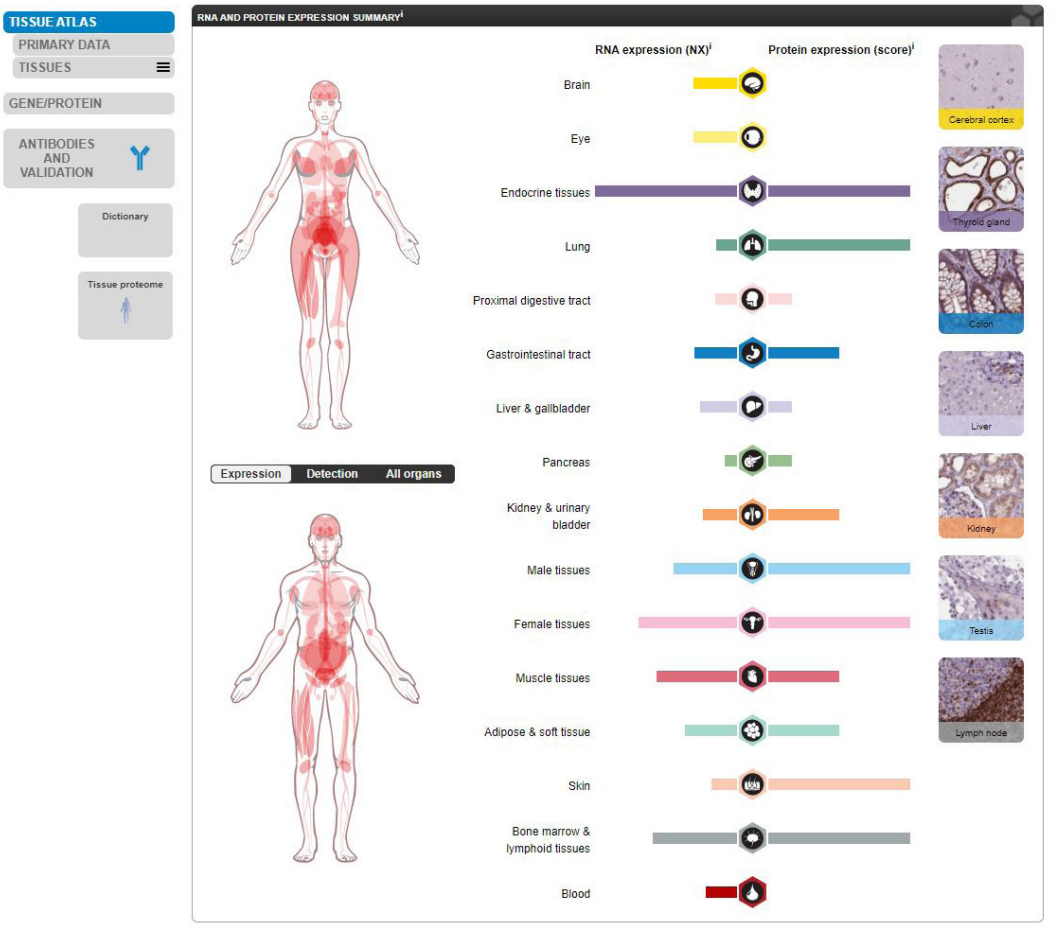
2) https://www.pathwaystudio.com/

3) http://saop.cpr.ku.dk/

4) https://www.atsdr.cdc.gov/

5) 정상적인 생물학적 과정, 질병 진행 상황, 치료방법에 대한 약물의 반응성을 객관적으로 측정하고 평가할 수 있는 지표

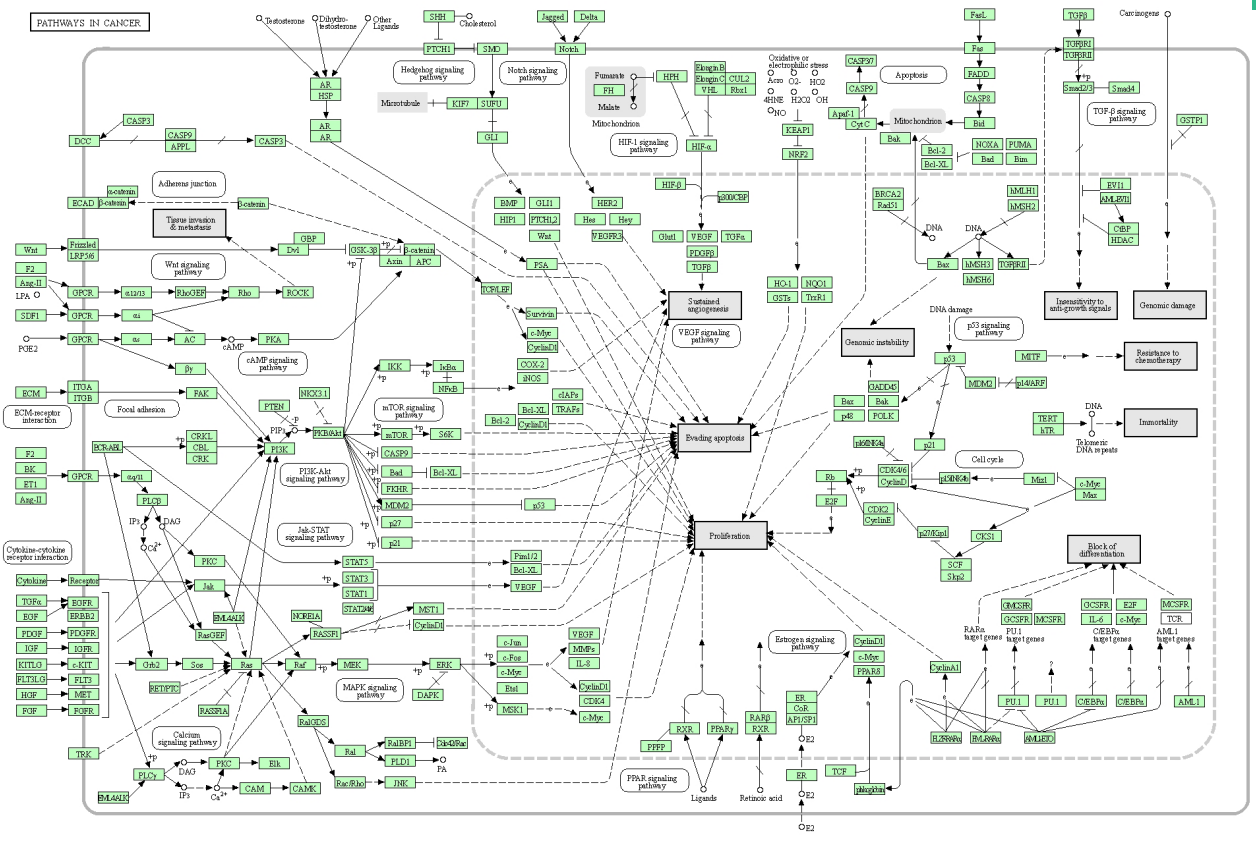
3) 반도체산업 화학물질 직업성 질환 특이적 바이오마커를 비교탐색(190종 중 41종)하고, 산안법 시행규칙 별표24 및 CTD 자료와의 교차검증(12개 바이오마커가 유방암 관련)을 수행 하였다.



[그림4] 혈액, 조직병리, 병변, 장기 및 각 질병별 링크들

출처 | The Human Protein Atlas

4) 반도체산업 화학물질(50종)로 인한 직업성 질환 특이 AOPs 분석 및 KER을 제시하였으며, 각 AOPs 분석을 생물분류학적으로 구분할 수 있었다.

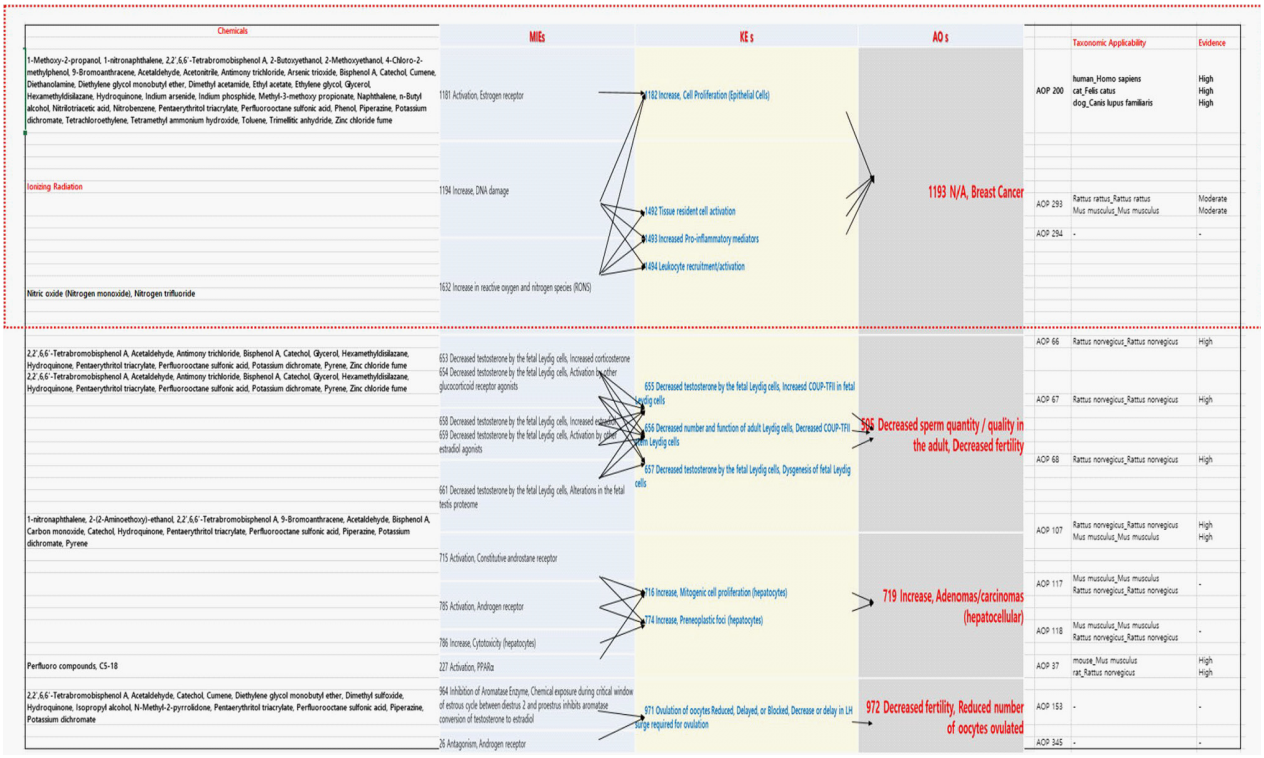


[그림5] 모든 진단 바이오마커와 가장 관련된 경로를 선택

출처 | KEGG (Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes), https://www.kegg.jp/

단일 물질과 혼합 물질

1) 단일물질에 대한 AOP는 화학물질 관련 정보의 양과 질에 상당히 의존하며, 또한 동 AOP의 신뢰도가 높아야 이를 바탕으로 다른 화학물질의 AOP를 추론할 수 있는 양상을 보여, 마치 "뫼비우스의 띠"를 연상케 하였다. 혼합물질의 AOP에서는 각 화학물질이 갖는 독성영향들의 관계성(KER) 및 종말점(AO)의 파악을 용이하게 하는 것으로 판단되며, 정보 및 독성 기준별 분류를 통한 WoE (증거의 가중치) 근거자료들을 별도 정리하였다.



[그림6] 직업성 질환 특이적 AOPs 분석 및 그와 관련된 Key event들의 제안

관련 참고사이트 링크 |

AOP 200	https://aopwiki.org/aops/200	AOP 107	https://aopwiki.org/aops/107
AOP 293	https://aopwiki.org/aops/293	AOP 117	https://aopwiki.org/aops/117
AOP 294	https://aopwiki.org/aops/294	AOP 118	https://aopwiki.org/aops/118
AOP 66	https://aopwiki.org/aops/66	AOP 37	https://aopwiki.org/aops/37
AOP 67	https://aopwiki.org/aops/67	AOP 153	https://aopwiki.org/aops/153
AOP 68	https://aopwiki.org/aops/68	AOP 345	https://aopwiki.org/aops/345

추가 자문 및 이를 반영한 보완 추진

1) 발암관련 AOP 개발은 저단위, 장기간 노출(low dose, long-term exposure)이 고려되어야 하므로 실제 연구사업 시작 시에는 가능한 단순한 AOP부터 시작하는 것이 권장된다. 본 연구에서는 발암관련으로 AOPwiki에서 검색되는 AOP_107과 AOP_200을 기본 틀로 하여 추가적인 정보인 Key events를 데이터베이스화하였다.

- 산업현장에서 사용되는 화학물질에 대한 정보를 기반으로 복합 AOP 개발과 노출 시나리오(복합노출)를 확보해야 하며, 참고문헌[1]에서 도출한 반도체산업 화학물질 중 그 노출 시나리오(Exposure scenario; ES)를 구체적으로 나타낼 수 있는 화학물질들에 대한 노출 시나리오를 설명했다.

제언

1) 발암 위험요소의 식별을 위한 노동자 의료 및 건강 정책이 필요하다. 일차적 예방 대책으로는 개인 상담을 통한 고위험군 노동자를 평가하고 암을 조기에 발견해야 한다. 이는 노동자 건강 스크리닝의 기본 목적으로, 사망 위험이 더 높은 노동자와 낮은 노동자를 구분하여 선별 검사를 수행하는 것이 비용 효율적이다. 따라서 노동자의 인식 향상을 제고하여 참여도를 높여나가는 것이 중요하다.

- 이를 위한 제언으로 산업위생분야 일부 유해인자에 대해 정량적이고 기술적으로 측정하여 관련 노동자 직무 활동의 기록을 포함하여 관련 직업성 질환의 예방과 보상에 활용 할 수 있다.

2) 위험에 대한 인식, 공학적 제어 및 작업관행 개선, 개인보호구 착용 등 암 예방 및 조기 발견의 노력과 정밀(분자) 암 예방 연구의 활성화가 필요하다.

3) 화학물질 취급사업장 노동자 및 안전보건관리자 등 화학물질 관련 정책입안 기관(고용노동부, 산업통상자원부 등)에 제공할 수 있다.

- 관련분야 SCI급 논문게재 및 국내외 학회발표, 제도화 방안 모색에 활용가능하며, 향후 전산기법을 활용한 화학물질 예측독성평가 교육 및 후속연구 추진에 활용 가능하다.

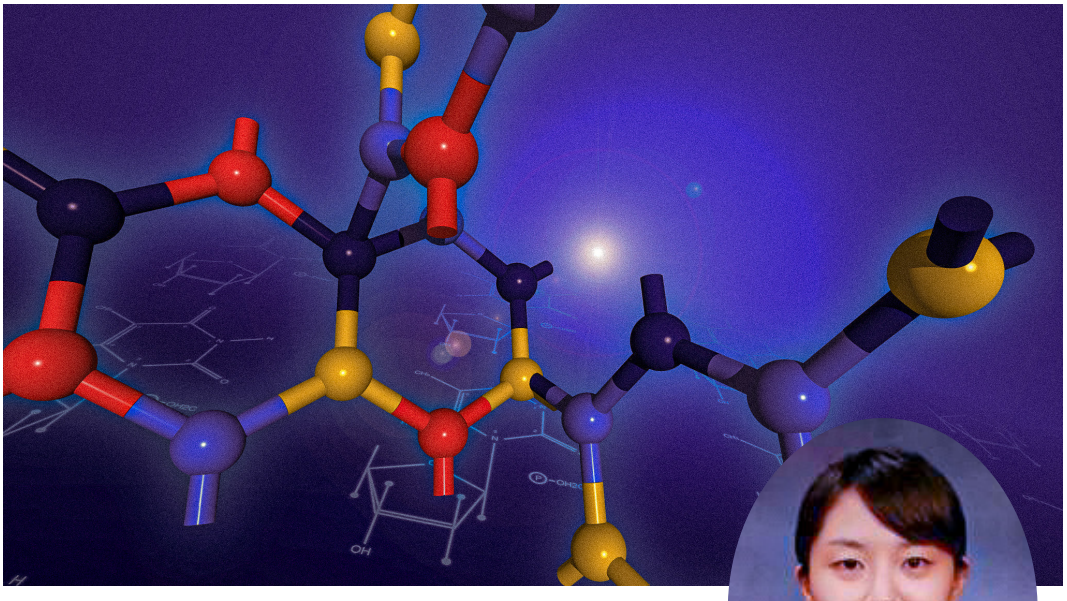
1) 김수근 등. 화학물질 노출 시나리오 정보 제공을 위한 표준모델 작성.
안전보건공단 산업안전보건연구원 위탁연구용역과제(연구원 2007-110-1035), 2007

03

1,2-디클로로프로판 및 일산화탄소 측정 분석 방법 안전보건기술지침 개발

2020년 산업안전보건법 개정에 따라 허용기준 설정 유해인자로 새롭게 추가된 1,2-디클로로프로판과 일산화탄소의 시료 채취 및 분석에 대한 안전보건기술지침(KOSHA GUIDE)을 개발하였다.

허용기준 설정 유해인자는 발암성 물질 등 근로자에게 건강장해를 유발할 우려가 있는 유해인자로서 대통령령으로 정하며, 이를 사업주가 작업장 내의 노출 농도를 허용기준이하로 유지하기 위해서는 작업환경측정 분석 방법이 필요하다. 허용기준 설정 유해인자는 2020년 3월 산업안전보건법이 개정되면서 24종이 추가되어 총 38종으로 대폭 확대되었다. 이에 따라 산업안전보건연구원은 추가된 허용기준 설정 유해인자 중 측정분석방법이 없거나 명확하지 않은 1,2-디클로로프로판과 일산화탄소의 시료채취 및 분석에 관한 안전보건기술지침을 개발하였다. 국내에 상용화되지 않은 측정매체 및 검출기를 사용하는 측정 분석방법을 보완 및 검토하여, 허용기준 초과여부 감독 및 노출수준의 관리가 가능토록 하여 작업환경측정·분석 결과의 신뢰성 향상에 기여하고자 하였다.



집필자
노지원 연구원*, 조현민 연구원, 박승현 실장 | 산업안전보건연구원 직업환경연구실

연락처
052-703-0887 | rojiwon@kosha.or.kr

I. 개요 및 배경

산업안전보건연구원에서는 2017년도에 '허용기준 설정대상 유해인자 선정을 위한 유해성·위험성 평가 및 사회성·경제성 평가 연구'를 통해 근로자에게 중대한 건강장해를 유발할 우려가 있거나 급성중독 발생위험이 있는 화학물질 26종을 선정하여 허용기준 이하 유지대상 유해인자 선정을 위한 유해성·위험성 순위를 평가하였다. 이를 바탕으로 2020년 3월 산업안전보건법이 개정되면서 시행령 별표의 허용기준 이하 유지대상 유해인자가 총 38종으로 확대 시행되었다.

[표1] 허용기준 설정 유해인자 목록

연번	물질명	CAS번호	허용기준		개정 전	개정 후
			TWA	STEL		
1	납 및 그 무기화합물	7439-92-1	0.05 mg/m^3		○	○
2	니켈(불용성 무기화합물)	7440-02-0	0.2 mg/m^3		○	○
3	디메틸포름아미드	68-12-2	10 ppm		○	○
4	벤젠	71-43-2	0.5 ppm	2.5 ppm	○	○
5	2-브로모프로판	75-26-3	1 ppm		○	○
6	석면	1332-21-4	0.1개/cm^3		○	○
7	6가크롬 화합물	18540-29-9	불용성(0.01 mg/m^3) / 수용성(0.05 mg/m^3)		○	○
8	이황화탄소	75-15-0	1 ppm		○	○
9	카드뮴 및 그 화합물	7440-43-9	0.01 mg/m^3(호흡성 0.002 mg/m^3)		○	○
10	톨루엔-2,4-디이소시아네이트	584-84-9	0.005 ppm	0.02 ppm	○	○
11	톨루엔-2,6-디이소시아네이트	91-08-7	0.005 ppm	0.02 ppm	○	○
12	트리클로로에틸렌	79-01-6	10 ppm	25 ppm	○	○
13	포름알데히드	50-00-0	0.3 ppm		○	○
14	노말헥산	110-54-3	50 ppm		○	○
15	니켈카르보닐	13463-39-3	0.001 ppm		-	○
16	디클로로메탄	75-09-2	50 ppm		-	○
17	1,2-디클로로프로판	78-87-5	10 ppm	110 ppm	-	○
18	망간 및 그 무기화합물	7439-96-5	1 mg/m^3		-	○
19	메탄올	67-56-1	200 ppm	250 ppm	-	○
20	메틸렌(비스페닐) 이소시아네이트	101-68-8	0.005 ppm		-	○
21	베릴륨 및 그 화합물	7440-41-7	0.002 mg/m^3	0.01 mg/m^3	-	○
22	1,3-부타디엔	106-99-0	2 ppm	10 ppm	-	○
23	브롬화 메틸	74-83-9	1 ppm		-	○
24	산화에틸렌	75-21-8	1 ppm		-	○
25	수은 및 그 무기화합물	7439-97-6	0.025 mg/m^3		-	○
26	스티렌	100-42-5	20 ppm	40 ppm	-	○
27	시클로헥사논	108-94-1	25 ppm	50 ppm	-	○
28	아닐린	62-53-3	2 ppm		-	○
29	아크릴로니트릴	107-13-1	2 ppm		-	○
30	암모니아	7664-41-7	25 ppm	35 ppm	-	○
31	염소	7782-50-5	0.5 ppm	1 ppm	-	○
32	염화비닐	75-01-4	1 ppm		-	○
33	일산화탄소	630-08-0	30 ppm	200 ppm	-	○
34	코발트 및 그 무기화합물	7440-48-4	0.02 mg/m^3		-	○
35	콜타르피치 휘발물	65996-93-2	0.2 mg/m^3		-	○
36	톨루엔	108-88-3	50 ppm	150 ppm	-	○
37	트리클로로메탄	67-66-3	10 ppm		-	○
38	황산	7664-93-9	0.2 mg/m^3	0.6 mg/m^3	-	○

허용기준 이하 대상 유해인자는 사업장에서 넘어서는 안되는 유해인자의 농도를 설정해 놓은 것으로 이를 위반하였을 경우 1천만원 이하 과태료 대상이 된다. 따라서 작업환경측정 농도를 알아보기 위한 측정·분석방법이 일원화되어야 사업장에서 대상 물질 농도의 관리가 쉬우며 고용노동부의 관리감독도 일관적으로 유지할 수 있다.

38종의 허용기준 이하 유지 대상 유해인자 중 국내 작업환경측정 안전보건기술지침(KOSHA GUIDE)에 측정·분석방법이 없는 물질은 1,2-디클로로프로판과 일산화탄소이다. 1,2-디클로로프로판의 기존 측정분석방법은 NMAM 1013으로 Anasorb tube 매체를 이용하여 측정하고 가스크로마토그래프의 ELCD(Electrolytic Conductivity Detector)로 분석하는 것을 제안하였으나, 이는 국내에서 거의 사용되지 않는 매체와 검출기로서 실용적인 측정·분석방법이 필요하였다. 따라서 국내에서 주로 사용되는 매체 및 검출기를 2가지씩 선정하여 실험하고 가장 적절한 방법을 찾고자 하였다. 일산화탄소는 적용 가능한 국내외 측정분석방법들을 검토하여 여러 가지 방법 중 농도의 정확성과 실용성을 갖춘 측정·분석방법을 모색하였다.

II. 실용화 내용

1,2-디클로로프로판의 안전보건기술지침 개발

(1) 매체 저장안정성 테스트

1,2-디클로로프로판 측정매체로서 Anasorb 747 및 CSC 활성탄관을 이용하여 한 달간 저장안정성 테스트한 결과, 두 매체의 회수율은 82.9~101.6% 수준으로 미국국립산업보건연구원(NIOSH)와 미국산업안전보건청(OSHA)의 가이드에 있는 기준(회수율 75% 이상)을 만족하였다.

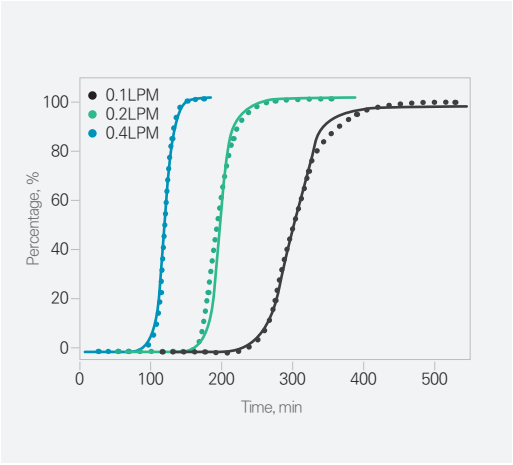
(2) 매체 적정포집유량 테스트

두 가지 매체가 포집할 수 있는 1,2-디클로로프로판의 적정채취량(L)은 노출기준인 10 ppm를 기준으로 하여 0.1 L/min, 0.2 L/min, 0.4 L/min 유량으로 채취하면서 매체별 파과곡선을 그려 선정하였다. Anasorb 747 및 CSC 활성탄관 매체 모두 2~30 L 의 채취량으로 1,2-디클로로프로판 측정에 적합하였다.

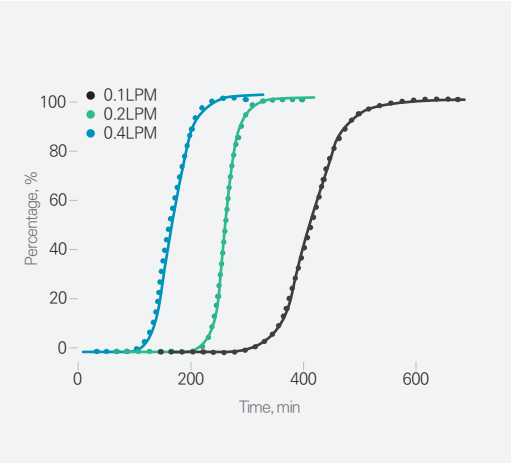
[표2] 매체별 파과실험 결과 (단위 : L)

매체	유량(L/min)				비고
	0.1	0.2	0.4	평균	
CSC tube	28.1	30.3	28.1	28.8	뒷층 검출시점
	34.6	36.4	40.2	37.0	파과*
Anasorb tube	35.1	37.6	32.2	34.9	뒷층 검출시점
	47.2	49.3	48.5	48.3	파과

* 파과 : 채취매체 뒷층에서 앞층의 10%에 해당하는 물질량이 검출되는 시점



[그림1] CSC tube를 이용한 파과실험 결과



[그림2] Anasorb tube를 이용한 파과실험 결과

(3) 검출기 검출한계 테스트

불꽃이온화검출기(Flame Ionization Detector, FID)와 전자포획검출기(Electron Capture Detector, ECD)를 이용하여 실험한 1,2-디클로로프로판의 검출한계는 0.0023~0.0057 mg/mL 수준이었으며 불꽃이온화검출기를 이용한 분석의 직선성이 더 우수하였다.

(4) 시료채취분석오차(SAE)

허용기준 준수여부 평가 시 사용되는 시료채취분석오차(SAE)는 분석 정밀도와 시료채취용 펌프의 변이(5%)를 적용하여 95% 신뢰구간(±1.96×SEE)으로 계산하였으며 산출 결과 CSC tube는 0.100, Anasorb tube는 0.098로 계산되었다.

위 실험 결과를 바탕으로 1,2-디클로로프로판의 측정매체 및 분석기술은 CSC Tube 측정, 이황화탄소 탈착, FID분석과 Anasorb tube 측정, 15% 아세톤을 함유한 시클로헥산 용매, ECD 분석의 조합을 제안하였다.

일산화탄소의 안전보건기술지침 개발

일산화탄소의 측정기술은 크게 직독식 장비, 가스크로마토그래피, 검지관 및 패시브 도시미터법으로 나누어 볼 수 있으며, 주로 사용되는 방법은 비분산적외선 및 전기화학식 센서를 이용한 직독식 장비법이다. 비분산적외선 센서의 경우 일산화탄소의 특징적인 적외선을 흡수하므로 간섭이 적다는 장점이 있었으나 장비의 크기와 무게 때문에 주로 지역시료채취 분석에 사용되었다. 전기화학식 센서는 낮은 전력에 작은 크기로 측정이 편리하여 개인시료채취가 가능하다는 장점이 있었다. 가스크로마토그래프 분석은 일산화탄소를 저농도로 검출 가능한 방법이지만 한 가지 가스상 물질 분석을 위해 장치를 추가적으로 구비해야 한다는 점이 단점으로, 숙련된 분석자가

필요하다. 검지관 및 패시브 도시미터를 이용한 측정 방법은 편리하지만 정확한 농도를 알 수 없다는 단점이 있었다.

국내외 일산화탄소의 측정분석방법을 비교하면 OSHA ID-209와 NMAM 6604의 전기화학식 센서, EPA는 비분산적외선 센서 방식의 직독식장비의 사용을 제시하였으며 사무실 공기관리 지침, 대기오염 공정 시험기준, 실내공기질 공정시험기준에서는 두 가지 센서 모두 사용가능한 직독식장비를 제시하였다. OSHA ID-210에서는 가스크로마토그래프 방전이온화검출기를 사용하는 분석법을 제시하였다.

따라서 국내에서 사용 가능한 측정분석 기술 및 편의성을 고려하여 일산화탄소의 측정분석방법은 비분산적외선 및 전기화학식 센서를 이용한 직독식 장비법을 제안하였다.

[표3] 국외 일산화탄소 측정분석방법

구 분	OSHA ID-209	OSHA ID-210	NMAM 6604	EPA 10
측정방법	전기화학식센서 휴대용 가스검지기	알루미늄코팅시료 채취백	전기화학식센서 휴대용 가스검지기	테들러 백/ 직접 측정 가능
분석장비		가스크로마토그래프, 방전이온화검출기 (DID)		비분산적외선방식 센서 가스검지기
정확도	0.040-0.041	0.038(CV)	±6.0%	스팬교정 농도의 2% 미만
응답속도	1분 소수점 첫째자리 절삭하여 정수로 저장	-	-	reading Liters/min
유량	해당 장비에서는 0.2 L/min	0.01-0.05 L/min(sampling)	장비별 조건에 따라 맞춤	0-1.0 L/min
검교정	-	6개 농도의 표준가스를 제조하고 4일 후 분석	주로 20, 50 ppm 스팬가스 사용	측정예상 농도의 20-100% 수준의 스팬가스 사용
작동온도	0-40℃	-	-	검출기 작동온도 3% 이내 범위
사용권장온도	10-30℃		-	-
적용범위	0-999 ppm	17.2-63.6 ppm	0-200 ppm	-
연구범위	16.1-70.2 ppm(TWA) 197.8 ppm(C)	0.12-430 ppm	0-200 ppm	-
전체 오차	±9.6%	±10.8%	-	교정 시 0.5 ppm 이내여야 함
LOD	1.2 ppm(정성) 4.1 ppm(정량)	0.40 ppm	1 ppm	-
간섭물질	알콜류, 아세톤	-	다른 가스상 물질	적외선 에너지 흡수 강한 물질

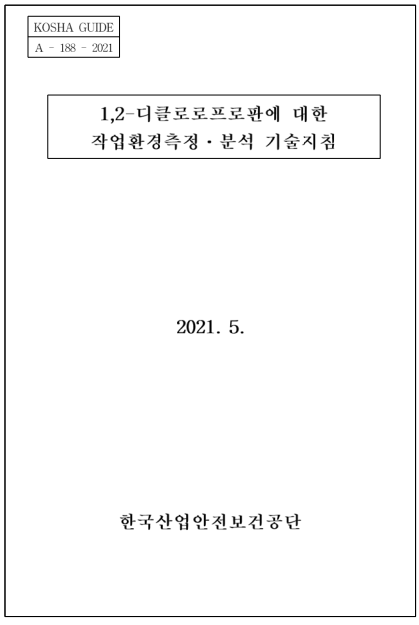
III. 기대 효과

1,2-디클로로프로판과 일산화탄소는 작업환경측정 대상물질이지만 측정분석방법이 명확하지 않았다. 1,2-디클로로프로판의 경우 기존 측정·분석방법에 없던 CSC tube 및 FID 분석을 제시함으로써 보다 저렴한 매체를 사용할 수 있도록 하였으며, 일산화탄소는 직독식 장비법을 제시함으로써 가스상 물질을 직독식 장비로 측정하는 측정분석방법을 국내 처음으로 만들었다는 데 의의가 있다.

본 연구를 통해 제정한 안전보건기술지침을 활용하여 허용기준 초과여부 감독 및 노출수준 관리가 원활해질 수 있으며, 작업환경측정기관의 올바른 노출평가로 쾌적한 작업환경을 조성하고 근로자 건강보호에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

안전보건기술지침 다운로드 방법

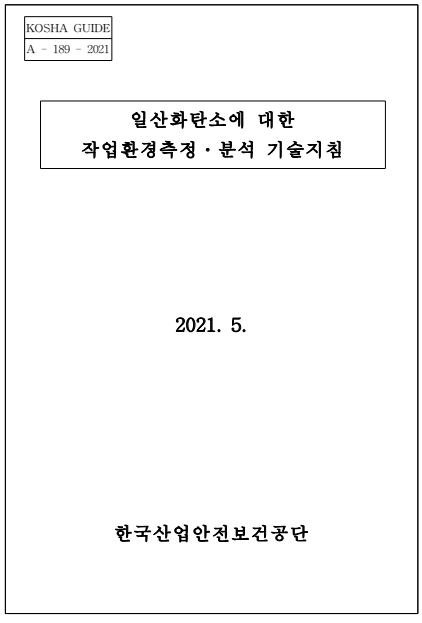
안전보건공단 누리집(www.kosha.or.kr) → 자료마당 → 법령/지침정보 → 안전보건기술지침(GUIDE) → "안전보건기술지침" 검색 → "1,2-디클로로프로판" 혹은 "일산화탄소" 검색


KOSHA GUIDE
A - 188 - 2021

1,2-디클로로프로판에 대한
작업환경측정 · 분석 기술지침

2021. 5.

한국산업안전보건공단


KOSHA GUIDE
A - 189 - 2021

일산화탄소에 대한
작업환경측정 · 분석 기술지침

2021. 5.

한국산업안전보건공단

참고문헌

- 고용노동부 고시 제 2020-48호, 화학물질 및 물리적 인자의 노출기준, 2020
- 노지원, 조현민, 박승현, 산안법 개정에 따른 허용기준 설정 유해인자의 시료채취 및 분석방법 -1,2-디클로로프로판, 일산화탄소, 산업안전보건연구원 연구보고서, 2020-산업안전보건연구원-834, 2020
- National Institute for Occupational Safety and health(NIOSH) : NIOSH Manual of Analytical Methods
- Occupational Safety and health Administration(OSHA) : Sampling and Analytical Methods

OSHRI : Brief

01. 주요 국가 간 산업재해율 변화 추이 비교분석

02. 유해물질 노출 사업장의 외국인 노동자 건강취약성 평가

03. 석탄화력발전소의 공정별 유해인자 노출 위험도 평가 및 작업환경관리방안 마련 연구

04. 안전인증기준 개선방안 연구

05. 건설기계 특고종사자 보호방안 연구

06. 화학물질 독성 스크리닝을 위한 3차원 세포배양 기술 적용 타당성 연구

OSHRI:Brief는 산업안전보건연구원의
주요 연구를 간략히 정리하여 소개합니다.

주요 국가 간 산업재해율 변화 추이 비교분석

연구책임자
산업안전보건연구원
안전보건정책연구실 박선영 연구위원

산업재해는 사업장 및 노동자 개별의 노동환경뿐만 아니라 국가의 경제사회적 요인(경제성장, 산업구조, 노동시장 구조 등)에 의해 발생 추이가 달라질 수 있다. 본 연구에서는 산업재해에 영향을 줄 수 있는 경제사회적 요인인 국가발전 수준, 산업구조, 노동시장 특성 등을 고려하여 국가 간 산업재해 발생 특성을 살펴보았다. 일본, 독일, 미국, 영국을 대상으로 경제사회적 변화와 산재발생추이의 연관성을 실증적으로 분석하여 향후 한국의 산업재해발생추이 및 산재예방사업 설정에 대해 시사점을 도출하고자 하였다.

I. 서론

산업재해는 인명 손실, 노동력 상실, 기업의 생산차질 등 국가적으로 상당한 피해를 초래한다. 우리나라의 산업재해로 인한 직간접적인 경제적 손실액을 하인리히(Heinrich)의 재해손실 산정방식에 따라 추정하여 보면 2018년 약 25조 원 수준으로 당해 국가예산이 430조원임을 고려하면 상당한 수준임을 알 수 있다. 이러한 피해를 줄이기 위한 방안을 모색하고자 연구자들은 산업재해 발생과 연관이 있는 다양한 요인들에 대해 연구를 진행하고 있다. 특히, 사회과학분야 연구자들은 개별 근로자의 근로환경뿐만 아니라 경제성장 수준, 산업구조의 특성, 노동시장의 구조 등 사회경제적 요인에 주목한다. 본 연구에서는 상대적으로 산업재해율이 낮은 국가들을 대상으로 시계열 자료를 활용하여 실증적 연구결과를 제시한다. 본 연구 결과를 통해 산업재해율이 높은 국가의 정책입안자 및 연구자들에게 산업재해율 감축에 필요한 정책적 제언을 하고자 한다.

II. 연구내용

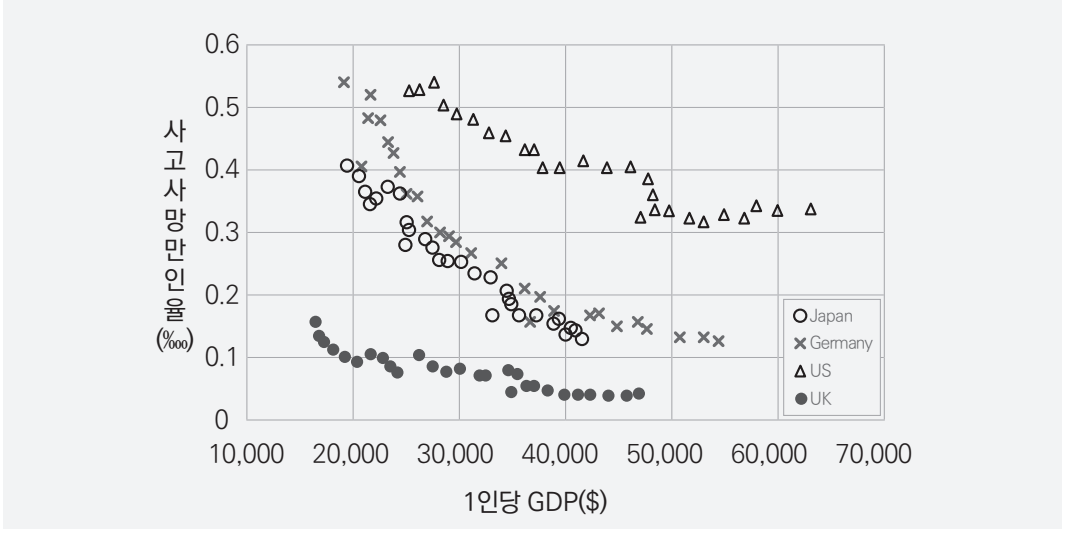
분석 대상 국가는 장기간 산업재해 자료가 확보되며, 상대적으로 산업재해율이 낮은 일본, 독일, 미국, 영국 등 4개국이다. 이는 현재 산업재해율이 낮은 국가들에 대하여 최대한 긴 시계열의 패널자료를 구축함으로써, 산업재해를 낮추는데 어떠한 사회경제적 요인이 작용했는지를 분석하기 위해서이다. 산업재해 자료는 1992년~2018년까지의 사고재해, 사고사망재해를 중심으로 분석한다. 산업재해 중 질병재해에 대해서는 일본처럼 공표하지 않는 경우도 있어서 제외하였다. 게다가 질병재해는 그 발생시기와 근무시기 간에 상당한 시차가 발생할 수 있다. 따라서 발병원인이 되는 근무시기를 정확히 파악하는 것도 상당히 어렵고, 사회경제적 요인의 영향을 분석하는 것도 적절치 않다고 판단했다.

[표1] 사고사망재해율과 경제사회적 요인의 회귀분석 결과(Model 1)

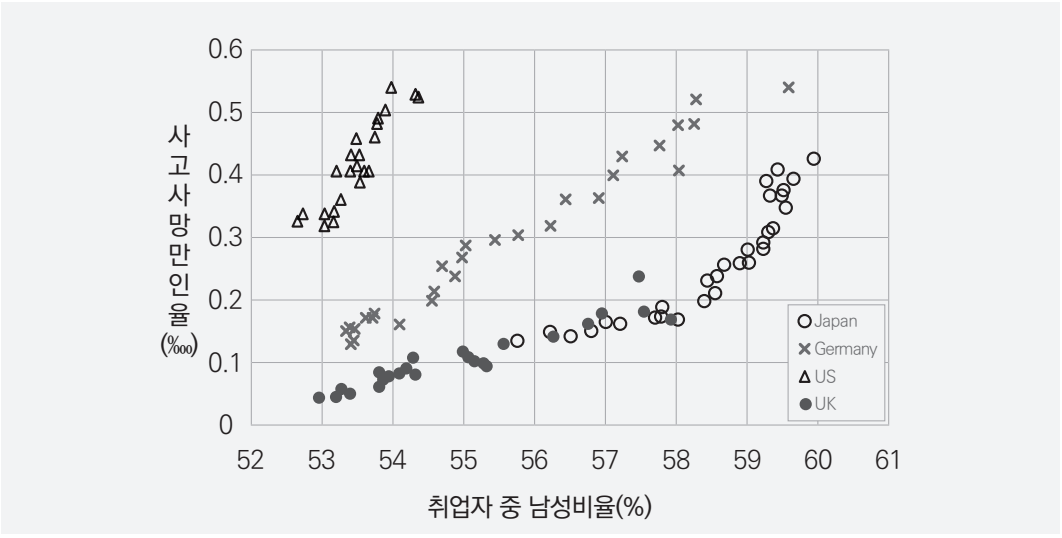
변수	Model 1-1	Model 1-2
1인당 GDP(ppp, 천$)	-0.0062***	-0.0066***
건설업 비중(%)	0.0297***	0.0284***
취업자 중 남성비율(%)	0.042***	0.035***
연평균 근로시간(시간/년)	0.00017**	0.00032***
제조업 및 건설업 근로자 비율(%)	-0.023***	-0.017***
부패인식지수		-0.0075*
상수항	-1.590***	-1.611***
	연도 더미 포함	
Obs.	108	96
within R-sq.	0.9765	0.9754
Prob 〉 F	0.0000	0.0000

Statistical Significance: *** 1%, ** 5%, * 10%

사고사망재해율을 종속변수로 살펴본 결과(Model 1), 경제수준을 나타내는 1인당 GDP, 건설업 비중, 취업자 중 남성비율, 연평균 근로시간 등과 통계적으로 유의미한 관계가 있는 것으로 나타났다. Model 1-1의 분석 결과에 따르면, 1인당 GDP가 1,000$ 증가할 때마다 사고사망재해율은 0.0062‰ 감소하는 것으로 나타났다. 이는 앞서 선행연구에서도 언급된 것처럼 국가의 소득수준이 높아지면서 안전관련 제도 정비, 인식수준 개선 등으로 사고사망재해율이 낮아질 수 있음을 의미한다. 또한, 산업 중에서 상대적으로 사고사망의 위험도가 높다고 인식되는 건설업 비중이 1% 높아질수록 사고사망재해율이 0.297‰ 증가하는 것으로 추정되었다. 취업자중 남성비율도 건설업 비중과 마찬가지로 사고사망재해율과 통계적으로 유의미한 양(+)의 연관성이 있는 것으로 나타났다.



[그림1] 국가별 1인당 GDP와 사고사망만인율



[그림2] 국가별 취업자 중 남성비율과 사고사망만인율

남성근로자는 상대적으로 산재위험이 높은 산업 및 작업에 투입될 가능성이 크므로 국가의 남성근로자 비중이 높을수록 사고사망재해율이 높아지는 것으로 해석된다. 연평균 근로시간이 1시간이 늘어나게 되면 사고사망재해율이 0.00017‰ 늘어나는 것으로 나타났다. 이는 장시간 근로가 사고사망재해 발생을 가속화시키는 요인이 될 수 있음을 확인시켜준다. 국가의 청렴도를 나타내는 부패인식지수가 추가된 Model 1-2에서는, 청렴도가 높은 국가에서 상대적으로 사고사망재해율이 낮게 나타나는 것으로 분석된다. 사고재해율 분석 모형인 Model 2에서도 사망사고재해율 분석(Model 1)과 마찬가지로 제조업 및 건설업 근로자 비율이 재해율과 음(-)의 연관성이 있는 것으로 나타났다. 이러한 분석결과가 나오게 되는 원인에 대해 알아보기 위해 Model 3에서는 건설업 비중 대신 제조업 비중을 이용하였다.

[표2] 사고재해율과 경제사회적 요인의 회귀분석 결과(Model 2)

변수명	Model 2-1	Model 2-2
1인당 GDP(천$)	-0.127***	-0.112***
건설업 비중(%)	0.123**	0.101**
취업자 중 남성비율(%)	0.617***	0.540***
취업자 중 65세 이상 비율(%)	0.174**	0.271***
연평균 근로시간(시간/년)	-0.004***	
연평균 근로시간 증분(시간/년)		0.004*
제조업 및 건설업 근로자 비율(%)	-0.441***	-0.449***
실업률(%)	-0.140***	-0.132***
	연도 더미 포함	
Obs.	108	104
within R-sq.	0.9451	0.9320
Prob 〉 F	0.0000	0.0000

Statistical Significance: *** 1%, ** 5%, * 10%, 상수항은 포함시켜 분석하였으나 계수값은 표시하지 않음

Model 3에서 제조업 비중은 Model 2의 건설업 비중과는 반대로 사고재해율과 음(-)의 연관성이 있는 것으로 나타났다. 이는 분석 기간에 대상 국가들에서는 제조업 비중이 높을수록 사고재해율이 줄어 들었다는 것을 의미한다. 이러한 분석결과가 도출된 원인으로 우선, 분석 국가들이 제조업의 부가가치 생산을 늘리면서 다양한 산업재해 예방정책을 통해 제조업에서 발생하는 사고성 재해 발생을 효과적으로 감소시켰을 가능성이 있다. 또한 국가간 무역이 확대되면서 개발도상국으로 상대적으로 위험한 작업이 전가되는 산업재해 위험의 수출(export of hazard)도 원인일 수 있다.

[표3] 사고재해율과 경제사회적 요인의 회귀분석 결과(Model 3)

변수명	Model 3-1	Model 3-2
1인당 GDP(천$)	-0.087***	-0.075**
제조업 비중(%)	-0.095**	-0.104***
취업자 중 남성비율(%)	0.530***	0.428***
취업자 중 65세 이상 비율(%)	0.250***	0.323***
연평균 근로시간(시간/년)	-0.003**	
연평균 근로시간 차분(시간/년)		0.004*
제조업 및 건설업 근로자 비율(%)	-0.459***	-0.462***
실업률(%)	-0.158***	-0.141***
	연도 더미 포함	
Obs.	108	104
within R-sq.	0.9469	0.9370
Prob > F	0.0000	0.0000

Statistical Significance: *** 1%, ** 5%, * 10%, 상수항은 포함시켜 분석하였으나 계수값은 표시하지 않음

추가적으로 비사망재해율에 대해서도 사회·경제적 요인과의 연관성에 대한 분석을 실시하였다(Model 4 and 5). 분석 결과는 사고재해율 분석모형과 거의 유사하다.

다만, 사망사고재해율 분석과 사고재해율 및 비사망재해율 분석 간의 차이점은 특히 연평균 근로시간 변수에서 확인된다. 사고사망재해율 분석은 연평균 근로시간이 증가할수록 사고사망재해율이 늘어나는 것으로 추정되었다. 반면, 사고재해율과 비사망재해율 분석은 연평균 근로시간이 늘어날수록 재해율이 줄어드는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 사고사망재해와 비사망재해가 근로시간과 각각 서로 다른 연관성을 가지기 때문일 수 있다. 이는 특히 단시간 근로자의 비중이 중요하게 관련되어 있다고 추측된다. 선행연구를 살펴보면, 재해율의 경기적 변화는 사고 발생 사실을 보고하는 인센티브와 관련이 있다. 즉, 불경기에는 근로자가 해고의 위험성을 우려해 경미한 재해에 대해서는 보고하지 않을 수 있다는 것이다. 사고사망재해율 분석 모형과 다르게 연평균 근로시간이 증가함에 따라 사고재해율 및 비사망 재해율이 감소하는 것은 법정근로시간이 한 원인일 수 있다. 일본 등 선진국은 법정근로시간 축소정책을 지속적으로 시행해 왔다. 이로 인해 근로자 한 명이 생산에 투입하는 절대적인 시간이 감소해왔다. 따라서 기업은 생산량의 부족분을 보충하기 위해 신규 인력을 채용했을 가능성이 있다. 채용된 신규

인력은 상대적으로 비숙련 근로자일 가능성이 높고, 산업재해 발생가능성도 높아질 수 있으므로 이러한 분석결과가 도출된 것으로 짐작할 수 있다.[1]

[표4] 비사망사고재해율과 경제사회적 요인의 회귀분석 결과(Model 4, 5)

변수명	Model 4	
1인당 GDP(천$)	-0.087***	-0.075**
제조업 비중(%)	-0.095**	-0.104**
취업자 중 남성비율(%)	0.529***	0.428***
취업자 중 65세 이상 비율(%)	0.250*	0.323***
연평균 근로시간(시간/년)	-0.003**	
연평균 근로시간 차분(시간/년)		0.004*
제조업 및 건설업 근로자 비율(%)	-0.459***	-0.462***
실업률(%)	-0.158***	-0.141***
	연도 더미 포함	
Obs.	108	104
within R-sq.	0.9469	0.9369
Prob 〉 F	0.0000	0.0000

Statistical Significance: *** 1%, ** 5%, * 10%, 상수항은 포함시켜 분석하였으나 계수값은 표시하지 않음

변수명	Model 5	
1인당 GDP(천$)	-0.127***	-0.112**
건설업 비중(%)	0.123**	0.100**
취업자 중 남성비율(%)	0.617***	0.540***
취업자 중 65세 이상 비율(%)	0.174*	0.272***
연평균 근로시간(시간/년)	-0.004***	
연평균 근로시간 차분(시간/년)		0.004*
제조업 및 건설업 근로자 비율(%)	-0.441***	-0.449***
실업률(%)	-0.140***	-0.132***
	연도 더미 포함	
Obs.	108	104
within R-sq.	0.9450	0.9319
Prob 〉 F	0.0000	0.0000

Statistical Significance: *** 1%, ** 5%, * 10%, 상수항은 포함시켜 분석하였으나 계수값은 표시하지 않음

1) 추가로, 앞선 모형들에 설명변수로 포함된 자료 외에 경제성장률, 단시간 근로자 비율, 노조가입률, 노동시장 효율성,의료비 총 지출 비중 등의 변수들도 포함시켜 분석해보았다. 그러나 추정 계수의 유의성이 낮거나 모형의 설명력이 큰 폭으로 낮아지는 등 유의미한 결과가 도출되지는 않았다.

III. 결론 및 정책제언

본 연구는 일부 국가를 대상으로 분석을 했다는 한계점이 있지만, 산업재해율에 영향을 주는 요인들에 대해 판별하고 그 정량적인 효과를 분석했다는 것에 의미가 있다. 상대적으로 산업재해율이 높은 국가의 경우 자국보다 앞서서 산업재해율 감소를 달성한 선진국의 사례를 바탕으로 정책을 설계한다면 보다 효율적으로 산업재해를 예방할 수 있을 것이다. 또한 노동시장을 구성하는 근로자 특성, 변화하는 산업 구조, 근로형태 변화에 따른 근로시간 변화 등 산업재해 발생에 영향을 줄 수 있는 여러 요인들에 대한 모니터링 및 연구가 지속된다면, 산재발생을 효과적으로 감소시킬 수 있는 정책 방향 설정에도 도움이 될 것이다.

유해물질 노출 사업장의 외국인 노동자 건강취약성 평가

연구책임자
산업안전보건연구원
직업건강연구실 박가영 차장

우리나라 노동시장에서 외국인 노동자의 규모가 커지고 있으나, 문화나 인식의 차이, 지식수준, 언어의 차이, 제도적 한계 등으로 인하여 사업장에서 국내 근로자 집단만큼 효율적인 건강관리가 수행되지 못할 것으로 예상된다. 하지만, 아직까지 국내 외국인 노동자를 대상으로 수행된 건강영향조사는 거의 없었다. 국내 외국인 노동자의 고용 증가에 따라 작업환경에 따른 노출위험 및 건강영향에 대한 연구가 필요하며, 외국인 노동자의 건강취약성 평가를 통해 외국인 노동자의 건강관리 방안을 위한 실질적인 정책마련이 필요하다. 특히 유해물질 노출사업장의 현황 및 특성을 파악하기 위해서는 유해물질에 노출되는 업무에 종사하는 노동자의 건강진단자료인 특수건강진단 결과를 통해 외국인 노동자들의 건강실태를 구체적으로 조사하는 것이 중요하며, 외국인 노동자에게 건강영향을 미친 유해물질에 대해서는 관리가 필요함을 제언하였다.

I. 서론

우리나라가 저출산·고령화 사회로 진입하면서 해외 인력의 수요가 급증하였고, 국내 사업장에 외국인 노동자의 취업이 늘어남에 따라 외국인 노동자의 체류관리 및 실태파악에 대한 중요성이 대두되었다. 이에 따라 통계청에서는 2012년 이후부터 국내 체류하고 있는 외국인의 취업, 실업 등에 대한 외국인 고용조사를 실시하고 있으며. 최근 통계청에서 발표한 2019년 이민자 체류실태 및 고용조사에서는 15세 이상 외국인 상주인구가 1,322천명, 외국인 취업자는 총 86만 3천명으로 국내 전체 취업자 2,712만 3천명 중 3.2%를 차지하였다.

해외 인력 도입정책으로 2004년부터 시행된 외국인 고용허가제의 현황자료에서는 외국인 노동자가 고용된 업종 중 80~90% 이상이 제조업이었다. 이처럼 외국인 노동자들이 제조업 종사자 중 높은 비율을 차지함에 따라 제조업 사업장의 유해물질 노출에 따른 직업성 질환이 급증할 것으로 예상되고 있다.

2014~2018년 기간 동안 특수건강진단을 받은 전체 수검자 중 약 6% 이상이 외국인 수검자로 외국인은 매년 전년 대비 약 10% 정도 증가하였고, 내국인은 전년대비 약 5% 정도 증가하는 추세였다. 2018년 특수건강 진단을 수진한 외국인은 137,699명, 내국인은 2,009,209명으로 내국인 수검자의 약 6.9%를 차지하였다. 이처럼 외국인 노동자의 규모가 매년 늘어남에 따라 작업환경에 따른 직업건강관리가 중요해지고 있다.

본 연구는 외국인 노동자의 특수건강진단 자료를 이용하여, 유해물질 및 건강현황을 분석하고, 유사업종에 종사하는 국내 노동자 집단과의 건강결과 지표를 비교함으로써, 외국인 노동자 집단의 직업건강 취약성을 평가하고자 하였다.

II. 연구내용

특수건강진단 현황 분석

2018년 1월 1일~2018년 12월 31일까지 특수건강진단 1차 검사를 수진한 대상자는 총 2,146,908명으로 전체 노동자의 77.79%가 남성으로 남성의 특수건강진단 수진율이 여성보다 높았다. 특히 외국인 노동자가 내국인 노동자에 비해 남성의 비율이 더 높은 것으로 나타났다. 연령대별 수진현황을 살펴보면, 30대가 가장 많았고, 20대, 40대, 50대 순이었다.

특수건강진단 수진자의 사업장 규모는 50-299인(759,686명, 전체 대비 35.38%)이 가장 많았지만, 외국인 노동자를 보유한 사업장 규모는 50인 미만의 사업장이 65.3%로 소규모 사업장이 대부분을 차지하였다. 특수건강진단 수진 노동자의 업종은 제조업이 가장 높았으며, 외국인 노동자의 업종 중 77.3%가 제조업이었고, 18.9%가 건설업으로 두 업종이 96.2%를 차지하였다. 내국인 노동자의 업종별 수진율은 제조업이 55.3%로 가장 높았고, 나머지 업종별로는 보건업 및 사회복지 서비스업(12.7%), 건설업(7.8%), 사업시설관리 및 사업지원 서비스업(6.8%), 운수업(5.8%) 순으로 다양한 업종에서 수진한 것으로 나타났다.

[표1] 2018년 외국인·내국인 노동자의 특수건강진단 비교

구분		외국인 노동자(%)	내국인 노동자(%)
성별	남	122,740(89.1)	1,547,538(77)
	여	14,959(10.9)	461,671(23)
연령	29세 이하	39,970(29)	364,162(18.1)
	30 – 39세	54,072(39.3)	523,736(26.1)
	40 – 49세	22,469(16.3)	482,854(24)
	50 – 59세	16,489(12)	462,487(23)
	60세 이상	4,699(3.4)	175,970(8.8)
사업장 규모	5인 이하	15,442(11.2)	114,527(5.7)
	5-49인	74,556(54.1)	456,435(22.7)
	50-299인	42,441(30.8)	717,245(35.7)
	300-999인	3,976(2.9)	310,447(15.5)
	1000인 이상	1,284(0.9)	410,555(20.4)

유사작업환경에서의 노동자 건강영향 비교

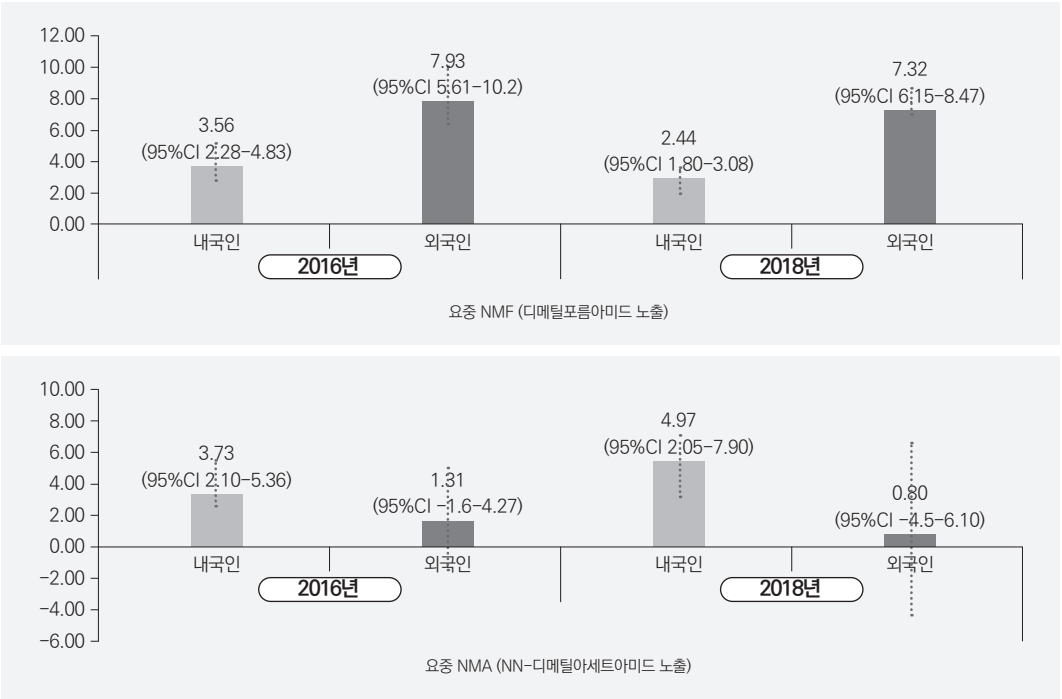
2016년 소음, 야간작업, 디메틸포름아미드, N,N-디메틸아세트아미드 등의 유해인자에 대한 특수건강진단을 실시한 노동자를 연구대상자로 선출하였다. 이 중 외국인 노동자(주민등록번호 7번째 자리가 5 이상을 외국인으로 정의함)와 내국인 노동자를 구분하였고, 사업장의 업종과 사업장 규모로 층화하여 외국인 노동자(실험군)와 비슷한 성향을 가진 내국인 노동자를 추출하기 위해 성향점수 매칭(Propensity Score Matching) 방법을 통해 1:2로 추출하였다.

매칭 전 소음 노출 내국인은 580,139명, 외국인은 69,648명이었고, 야간작업 노출 내국인은 966,865명, 외국인은 46,465명이었고, 디메틸포름아미드 노출 내국인은 20,402명, 외국인은 890명이었고, N,N-디메틸아세트아미드 노출 내국인은 10,879명, 외국인은 167명이었다. 매칭 전후를 비교한 외국인・내국인의 현황은 다음과 같다.

[그림1] 2016년 외국인·내국인 노동자의 매칭 현황

매칭 이후 디메틸포름아미드의 생물학적 노출지표인 요중 NMF 농도는 외국인이 내국인에 비해 2배 이상(내국인 2.79mg/L, 외국인 6.85mg/L)높았고, 요중 NMF 초과율 또한 외국인이 내국인에 비해 4배 이상 높은 것으로 나타났다(내국인 2.98%, 외국인 10.28%). NN-디메틸아세트아미드의 생물학적 노출지표인 요중 NMA 농도는 매칭 전과 후 모두 내국인이 외국인에 비해 3배 이상 높았다.

노동자의 급성 및 만성 건강영향을 고려하여, 디메틸포름아미드 및 N,N-디메틸아세트아미드에 노출된 외국인・내국인 두 집단에서 시간에 따른 변화(2016년과 2018년 비교)를 추적하였다. 디메틸포름아미드에 노출된 외국인 노동자는 요중 NMF 농도가 2016년 대비 2018년은 7.93→7.82로 감소하였고 통계적으로 유의한 차이가 있었다(내국인은 2016년 대비 2018년은 3.56→2.44로 감소). N,N-디메틸아세트아미드의 경우, 상대적으로 내국인이 외국인에 비해 요중 N-메틸아세트아미드가 높았으나, 유의한 차이를 보이지 않았다.



[그림2] 시간에 따른 요중 NMF, 요중 NMA 변화]

III. 결론 및 정책제언

본 연구는 외국인 노동자의 유해물질에 대한 특수건강진단자료를 활용하여 외국인 노동자의 규모 및 특성, 건강영향을 파악함으로써 외국인 노동자의 건강관리방안과 정책 마련 등을 위한 기초자료를 제공하고자 하였다. 외국인 노동자에 있어 취약한 유해물질로 파악된 디메틸포름아미드에 주로 노출되는 공정은 합성피혁, 스판덱스 섬유, 분석 시약, 가스 흡수제, 색소로 알려져 있고, 급성 건강영향으로는 독성간염으로 사망한 사례가 보고되고 있다. 2018년 국제암연구소(International Agency for Research on Cancer, IARC)에서는 디메틸포름아미드를 발암 가능성이 있는 그룹 2A로 분류하였다. 디메틸포름아미드의 관리뿐만 아니라 다른 유해물질에 대한 지속적인 안전보건관리가 절실히 요구되고 있다. 외국인 노동자의 디메틸포름아미드에 대한 노출은 특히 보호구의 착용, 유해물질 노출위험에 대한 이해도 부족, 피부 혈관확장에 미치는 인종별 체질 등으로 인한 피부흡수 노출기전에 영향을 미쳤을 것으로 생각된다. 또한 외국인은 내국인에 비해 상대적으로 소규모 사업장 종사 비율이 훨씬 높아 유해물질 노출관리에 소홀했을 것으로 보인다. 소규모 사업장의 직업건강관리를 위해 보호구의 올바른 착용, 안전보건교육 등의 안전보건관리체계가 요구되며, 건강진단결과에 따른 지속적인 사후관리가 필요하다고 판단된다.

석탄화력발전소의 공정별 유해인자 노출 위험도 평가 및 작업환경관리방안 마련 연구

연구책임자
산업안전보건연구원
직업환경연구실 권지운 차장

석탄화력발전소의 노동자는 설비의 운영과 정비작업 시 석탄분진 및 석탄재분진과 석탄에 함유된 결정체 산화규소와 금속 등에 노출될 수 있다. 고 김용균 사망사고 특조위는 보고서에서 우리나라 석탄화력발전소 작업환경 중에 결정체 산화규소와 비소 등 인체 발암물질이 존재하나 적절한 관리가 이루어지지 않았으며, 관련 노동자의 유해인자 노출을 관리하기 위한 평가와 개선조치가 필요하다고 권고한 바 있다. 그러나 이 외에 우리나라 석탄화력발전소 노동자의 유해인자 노출수준과 작업환경관리방법에 대한 현재까지의 지식은 매우 제한적이다. 이에 우리나라 석탄화력발전소의 작업환경 중 유해인자 노출로 인한 건강 위해성을 밝혀 노동자를 유해인자 노출로부터 안전하게 보호하기 위한 개선방안 마련이 필요한 시점이다.

I. 서론

석탄화력발전은 우리나라의 전체 발전량 중 가장 큰 비중을 차지하는 발전 에너지원이다. 화력발전을 위해 2019년 한 해 동안 사용된 석탄은 84,486,191t에 달하였다. 석탄화력발전소에서 노동자는 작업 중에 석탄분진과 석탄재 및 석탄에 함유된 유해인자에 노출될 수 있으므로 이를 최소화하기 위한 작업환경관리가 필요하다. 이 연구는 우리나라 석탄화력발전소의 연료 종류, 석탄설비 청소방식, 보일러 연소방식을 고려하여 대표성을 확보할 수 있도록 선정된 4개 발전소를 대상으로 발전설비의 운전과 경상정비작업 시 석탄분진, 석탄재분진, 결정체 산화규소, 금속, 유기용제, 가스, 소음, 고열에 대한 노동자의 노출수준과 위해성을 평가하고, 유해인자 노출을 최소화하기 위한 작업환경관리방안을 제시하였다.

II. 연구내용

유해인자 노출 위해성

(1) 석탄분진과 결정체 산화규소

석탄설비 운영공 중 낙탄청소작업자에게서 석탄분진과 결정체 산화규소 노출기준을 초과하는 값이 측정되었다. 결정체 산화규소의 농도가 노출기준을 초과한 측정값 4개는 모두 건조한 상태에서 분탄이 많은 낙탄을 삽질하여 청소한 작업자에게서 측정되었다. 유사노출군별 노출기준 초과 가능성을 통계적으로 예측한 결과 석탄분진은 석탄설비 운영공의 95% 상한값이 노출기준을 초과하였고, 석탄설비 전기공의 95% 상한값은 노출기준의 1/2를 초과하였다. 결정체 산화규소는 석탄설비 운영공의 95% 상한값이 노출기준을 초과하였다.

[표1] 석탄설비 작업자의 호흡성분진 및 결정체 산화규소 노출농도 상위 10위 내 작업 내용]*

농도(mg/m³)		직무	작업내용*
호흡성 분진	결정체 산화규소		
9.996	0.554	운영공	낙탄처리, 타워 4개(TTT-TT-SCB-BB) 멈추고 케이싱 내부 들어가서 삽질 2시간 30분, 오후는 개방된 곳 타워 밖에서 작업.
1.398	0.115	운영공	낙탄처리, 타워 4개(TTT-TT-SCB-BB) 멈추고 케이싱 내부 들어가서 삽질 2시간 30분, 오후는 개방된 곳 타워 밖에서 작업.
1.315	0.029	운영공	피더 순찰, 집진기 점검, 트리퍼 오버플로 청소(자갈 및 분탄 삽질). 오버플로 발생 시 드물게 있는 작업이라 함.
1.083	0.016	운영공	TT 물청소, 컨베이어 가동 중 작업하기도하고 아닐때도 있었음. 오늘은 먼지가 많이 없는 편이었음.
0.885	0.085	운영공	트리퍼 운영, 순찰, 오버플로 청소(자갈 및 분탄 삽질). 오버플로 발생 시 드물게 있는 작업이라 함.
0.877	0.032	운영공	컨베이어 물청소 1시간, 나머지 시간은 컨베이어 가동 중 점검 실시.
0.795	0.075	운영공	트리퍼 운영, 순찰 오버플로 청소(자갈 및 분탄 삽질)
0.475	0.017	전기공	석탄설비 전기정비, 오전 사무실 케이블 작업, 오후 BB상부 설비 가동 중 등 교체 2-3시간 정도, 오전 사무실 작업으로 평소 비해 측정 당일 노출 적은편이라 함.
0.402	0.019	시료분석원	회정제공장 정제회 분석, 미연탄소 분석.
0.394	0.028	기계공	TT 베어링교체작업.
0.380	0.023	운영공	옥내저탄장 운영.
0.363	0.030	운영공	트리퍼 청소작업.
0.247	0.021	운영공	진공차 운영. 타워 외부로 이탄된 낙탄(분탄)을 개방된 곳에서 진공차로 흡입.

* 채취된 시료를 회수 시 작업자에게 직접 인터뷰한 시료채취한 날의 작업내용임.

노출기준 초과 노출기준 1/2 초과

(2) 금속, 유기화합물, 가스상 물질

석탄에 함유된 주요 유해 금속 11종(비소, 카드뮴, 코발트, 크롬, 수은, 망간 니켈, 납, 탈륨, 우라늄, 바나듐)에 대한 작업자의 개인노출농도는 노출기준의 1% 미만이었다. 석탄의 금속함유율이 본 연구결과에 비해 크게 높지 않은 경우 금속의 유의미한 작업 중 노출은 발생하지 않을 것으로 판단되었다. 옥내저탄장과 배탄기실의 작업환경에서 벤젠, 톨루엔, 자일렌, 노말헥산은 검출되지 않았다. 석탄의 자연발화가 없는 일상적인 조건에서 휘발성 유기화합물의 유의미한 작업 중 노출이 발생하지 않는 것으로 판단되었다. 일산화탄소와 이산화황은 옥내저탄장과 탈황공정의 누설 가능 부위에서 측정했으나 검출되지 않았다. 석탄의 자연발화나 설비의 누설이 없는 경우 유의미한 작업 중 노출은 발생하지 않을 것으로 판단되었다.

(3) 소음과 고열

소음은 보일러 오퍼레이터와 회처리장 운전원에게서 특수건강진단 실시 기준을 초과하는 값이 측정되었다. 보일러/터빈설비의 기계공, 전기공, 발전기술원, 운영감독원과 탈황설비 운영공, 회처리설비 운영공은 95% 신뢰수준의 95% 상한값이 노출기준을 초과하여 작업상황에 따라 노출기준을 초과할 가능성이 있을 것으로 예측되었다. 보일러/터빈설비의 전기공, 발전기술원과 탈황설비 운영공, 회처리설비 운영공의 95% 상한값은 특수건강진단 실시 기준을 초과하였다.

고열은 석탄설비 중 한 사업장의 배탄기실의 측정값이 계속작업 기준을 초과하였다. 이송탑의 고열 스트레스 지수는 외부온도와 습도의 영향을 많이 받을 수 있으므로 폭염 시에 측정할 경우 본 연구결과와 달리 계속작업 기준을 초과할 가능성이 있을 것으로 판단되었다. 보일러/터빈설비는 한 사업장의 보일러 미분기 앞을 제외한 모든 측정값이 계속작업 기준을 초과하였고, 더운 공기의 대류가 높은 고열 스트레스 지수의 주요 원인이었다.

작업환경관리방안

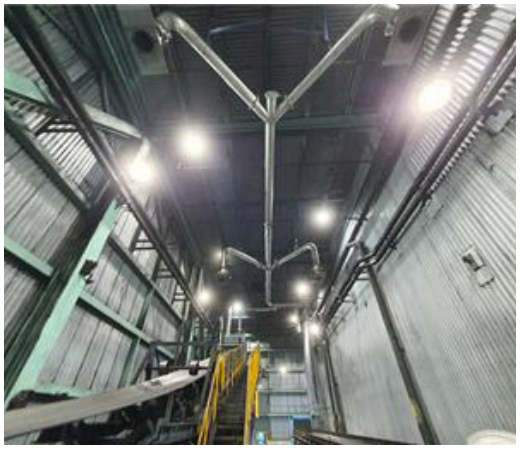
(1) 석탄분진과 결정체 산화규소

석탄분진 및 석탄재분진과 석탄에 함유된 결정체 산화규소에 대한 노출을 최소화하기 위해 설비의 개선과 주기적인 점검 및 관리를 통해 낙탄 발생 및 분진 비산을 최소화하고, 운탄 또는 회반출 후 작업장에 축적된 낙탄과 분진을 물청소나 진공청소와 같은 분진의 비산을 최소화할 수 있는 방식으로 지체 없이 청소하며, 수집된 분진이 다시 작업환경 중에 비산되지 않도록 조치하는 것이 중요하다. 또한 환기설비와 분무/살수설비의 설치 및 개선 등 공학적 관리방안을 시행하고, 노출 수준에 적합한 성능의 호흡보호구를 올바르게 착용하도록 하며, 물질안전보건자료의 정확한 작성을 통해 석탄분진과 석탄재분진의 유해·위험성을 작업자에게 인지시키고, 작업자의 유해인자 노출수준을 주기적으로 모니터링하여 개선조치에 반영할 필요가 있다.

[그림1] 석탄 이송탑의 물청소 배수시설 설치 사례

[그림2] 석탄 컨베이어의 물청소 배수시설 설치 사례

[그림3] 옥내저탄장 분무장치와 살수장치 설치 사례



[그림4] 배탄기실 자동 댐퍼 개방형 국소배기장치 설치

(2) 소음과 고열

소음에 대한 노출을 최소화하기 위해 보일러와 터빈 건물 내 고소음 발생구역에서 노동자가 방음보호구를 올바르게 착용하도록 지속적으로 관리할 필요가 있다. 고열 노출로 인한 건강영향을 최소화하기 위해 보일러와 터빈 건물 내부 고열지역과 폭염기의 이송탑 및 컨베이어 노동자가 시원하게 쉴 수 있는 냉방장치가 있는 적절한 휴게공간을 주된 작업 장소에서 가까운 위치에 설치하고 음용수를 제공할 필요가 있다.

III. 결론 및 정책제언

이 연구는 우리나라 석탄화력발전소의 발전설비 운영 및 경상정비작업 시 일부 노동자가 노출기준 이상의 석탄분진, 결정체 산화규소, 소음, 고열에 노출될 수 있음을 확인하였고, 노출수준을 저감하기 위한 관리방안을 도출하였다는 점에 그 의의가 있다. 석탄화력발전소 노동자의 유해인자 노출은 변이가 매우 크므로, 사업장 관계자는 본 연구에 제시된 작업환경개선방안과 벤치마킹 사례를 참고하여 각 발전소의 상황에 맞게 자율적으로 능동적인 작업환경개선활동을 추진할 필요가 있다. 이 연구의 결과물은 고 김용균 사망사고 특조위의 권고사항에 대한 후속조치로서 우리나라 각 석탄화력발전소의 작업환경을 개선하기 위한 계획 수립에 활용될 예정이다. 또한 석탄은 석탄화력발전소 외에도 제철소 등 다양한 산업에서 활용되므로 이 연구의 결과물은 석탄을 취급하는 다른 산업의 작업환경관리방안 수립을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

안전인증기준 개선방안 연구

연구책임자
산업안전보건연구원
산업안전연구실 변정환 연구위원

산업현장에서 사용되는 안전인증대상기계 등의 안전성을 평가하고 확보하기 위하여 시행되고 있는 안전인증제도가 산업재해예방이라는 본질적인 목적에는 부합되고 있지만, 안전인증 대상품별로 안전인증기준에 적합한 제품만을 제조·유통·사용할 수 있는 구조로 운영되고 있어 기술발전과 산업환경 변화에 따라 다양하게 제조·사용될 수 있는 안전인증대상기계등의 산업안전시장 진입을 방해하고 있다는 문제점이 지속적으로 발생하고 있다. 따라서 본 연구에서는 안전인증기준의 분석과 함께 안전인증 관련 실태조사를 통해 개선필요 사항을 확인하여, 안전인증제도의 작동성을 강화하고 안전인증기준의 성능화를 위한 제반사항을 검토하였다.

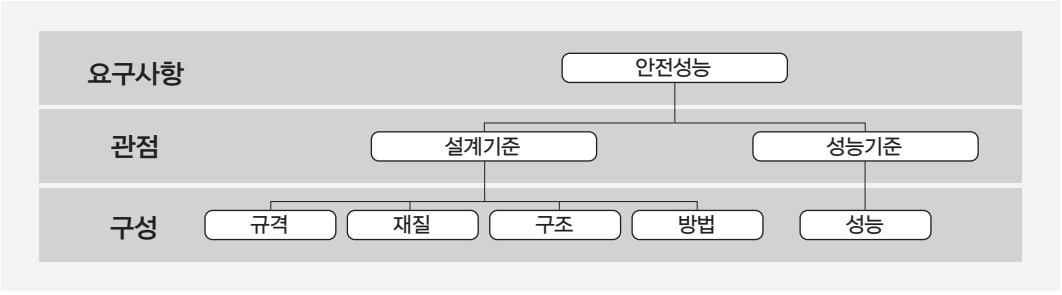
I. 서론

산업안전보건법에서는 안전인증대상기계 등이 특수한 구조 또는 재료로 제작되어 안전인증기준의 일부를 적용하기가 곤란한 경우 해당 대상품이 안전인증기준과 동일한 수준 이상의 안전성능을 보유한 것으로 인정되면, 한국산업표준(KS) 또는 관련 국제규격(IEC, ISO, EN 등)을 참고하여 안전인증기준의 일부를 생략 또는 추가하여 서면심사 또는 제품심사의 대상이 된다고 규정하고 있으나 이는 원활히 운영되지 못하고 있다. 또한 안전인증기준은 최소 규격중심으로 제정되어 업종별·작업별·규모별로 다양한 사용자의 수요 및 요구사항이 반영되지 못한 채, 일률적 기준으로 구성되어 있어 현장여건을 제대로 반영하지 못하고 있다. 따라서 산업안전보건법에 의한 안전인증기준의 취약점을 분석하고 안전인증과 관련된 각 이해관계자별 실태조사를 통하여 개선사항을 발굴하여 안전인증기준을 규격중심에서 성능중심으로 점차적으로 전환하기 위한 제반사항을 정리하였다.

II. 연구내용

안전인증기준 분석

안전인증대상기계등에 대한 안전성능 요구사항을 충족하기 위한 안전인증기준은 설계기준과 성능기준이라는 2가지 관점에서 다음 그림 1과 같이 구성된다. 여기서 설계기준이라 함은 안전인증대상기계등의 안전성능을 담보하기 위한 규격, 재질, 구조 및 방법 등에 대한 최소한의 요구조건을 말하며, 성능기준이라 함은 안전인증대상기계등의 안전성능을 담보하기 위한 성능제시 방법에 대한 기준을 말한다. 안전인증기준 분석결과는 그림 2와 같이 기계 또는 설비와 방호장치의 경우 설계기준 항목비율이 성능기준보다는 높은 것으로 분석되었으며, 보호구의 경우 성능기준 항목비율이 설계기준보다는 높은 것으로 분석되었다. 전반적으로 안전인증기준 설계기준의 구조 및 방법 항목이 상당한 비중을 차지하는 것으로 분석되었다.



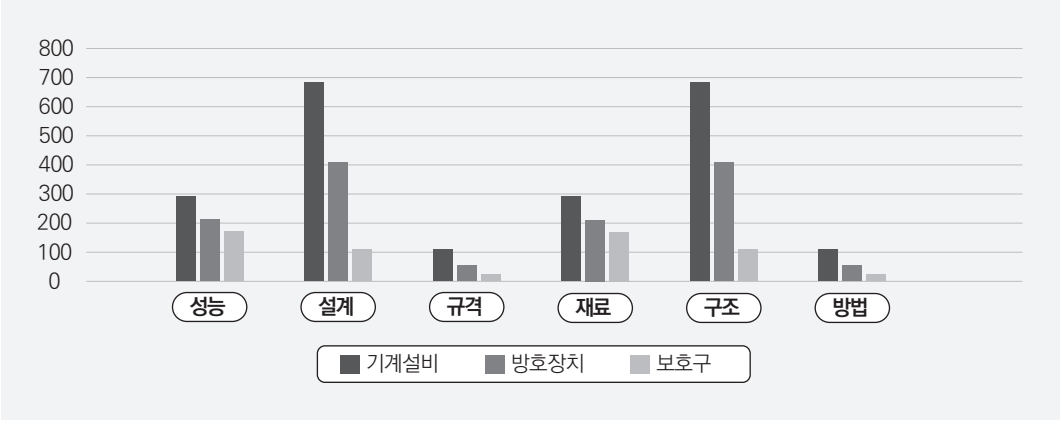
[그림1] 안전인증 기준의 구성

다음 그림 2는 기계 또는 설비, 방호장치 및 보호구 등의 안전인증기준을 항목별로 성능기준과 설계기준으로 구분하고, 다시 설계기준을 규격, 재질, 구조 및 방법 항목으로 구분하였다.

안전인증 관련 실태조사 결과

(1) 실태조사 추진체계

세부 추진과제를 도출하기 위하여 다음 그림 3과 같이 실태조사를 실시하고 의견정리 및 문제점을 유형화하여 개선방안 및 추진전략을 수립하였다.

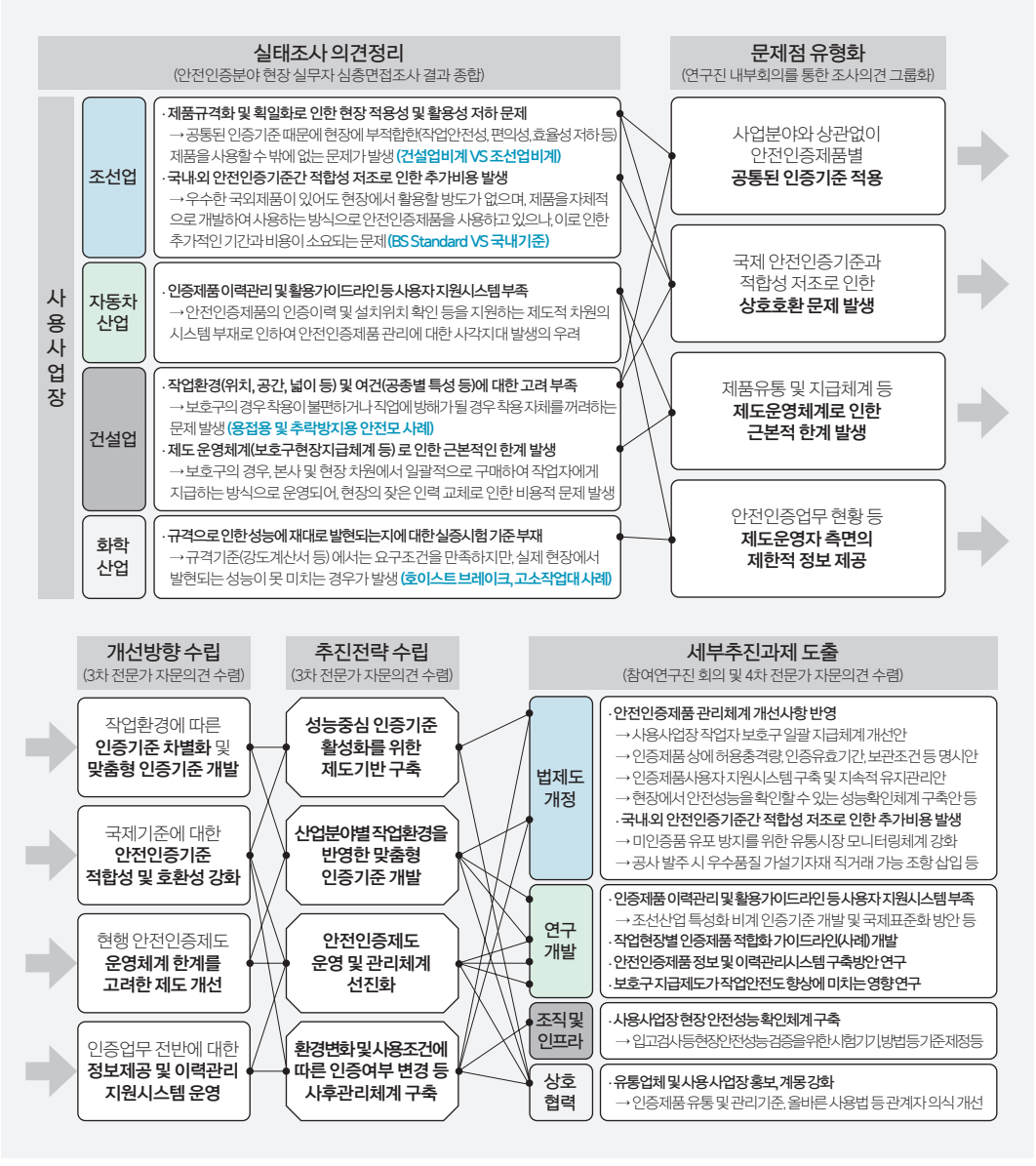


[그림2] 안전인증 기준 분석 현황

[그림3] 실태조사 추진체계

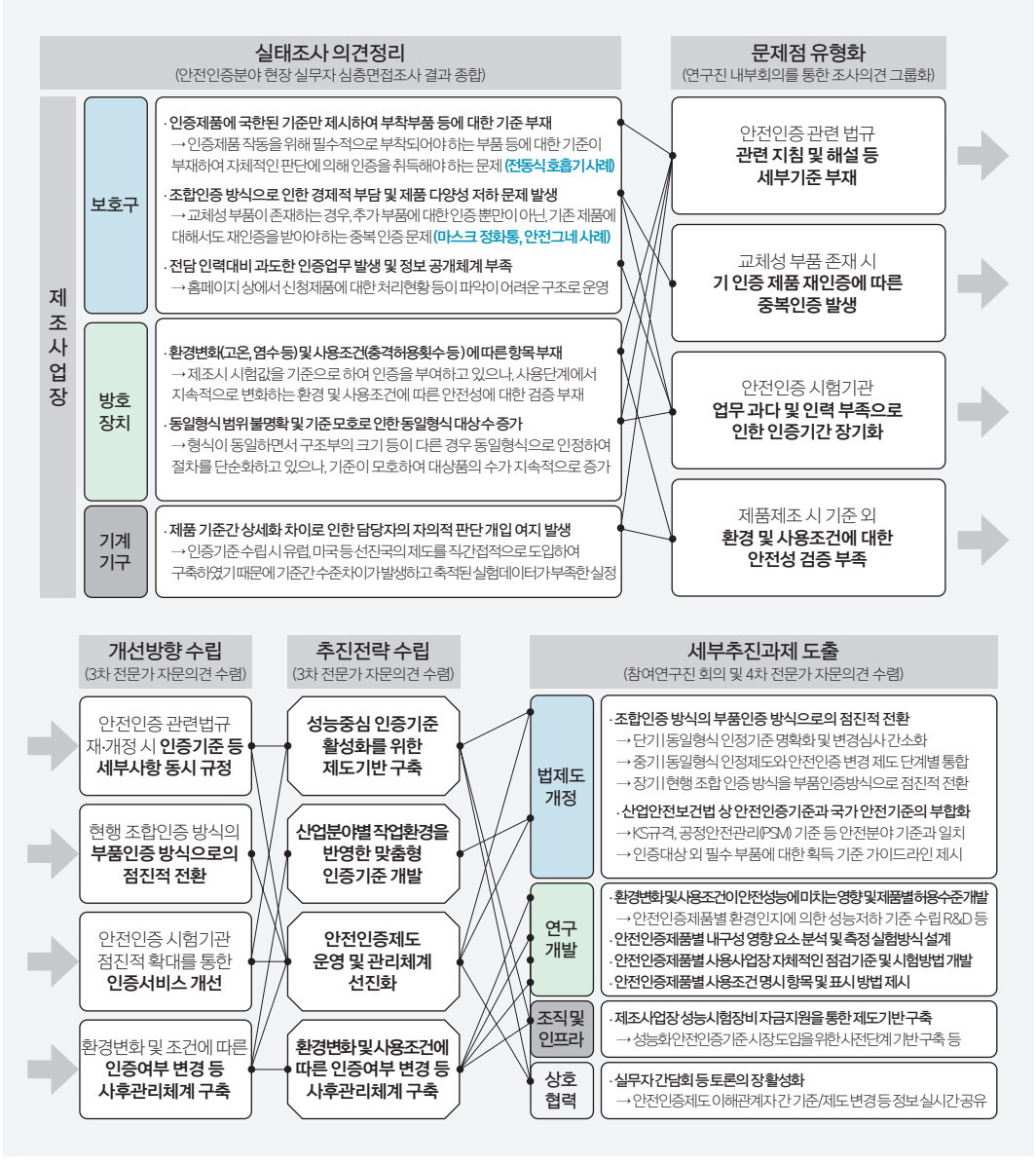
(2) 실태조사 결과

안전인증 대상품 사용사업장 8개소를 대상으로 안전인증 대상품 구매시 고려사항, 만족도 및 개선 필요사항 등의 사용실태를 다음과 그림 4와 같이 파악하였다. 조선업에서는 제품 규격화 및 획일화로 인한 현장 적용성과 활용성 저하 문제 등 2건, 자동차 산업에서는 인증제품 이력관리 및 활용 가이드라인 등 사용자 지원시스템 부족, 건설업에서는 작업환경 및 여건에 대한 고려 부족 등 2건의 의견을 제시하였고 화학산업에서는 규격으로 인한 성능 발현여부에 대한 실증 시험기준 부재 등의 문제점을 지적하였다. 이를 개선하기 위하여 법·제도 개정 분야 2과제, 연구개발 분야 4과제, 조직 및 인프라 분야 1과제와 상호협력 분야 1과제 등 세부추진과제를 각각 도출하였다.



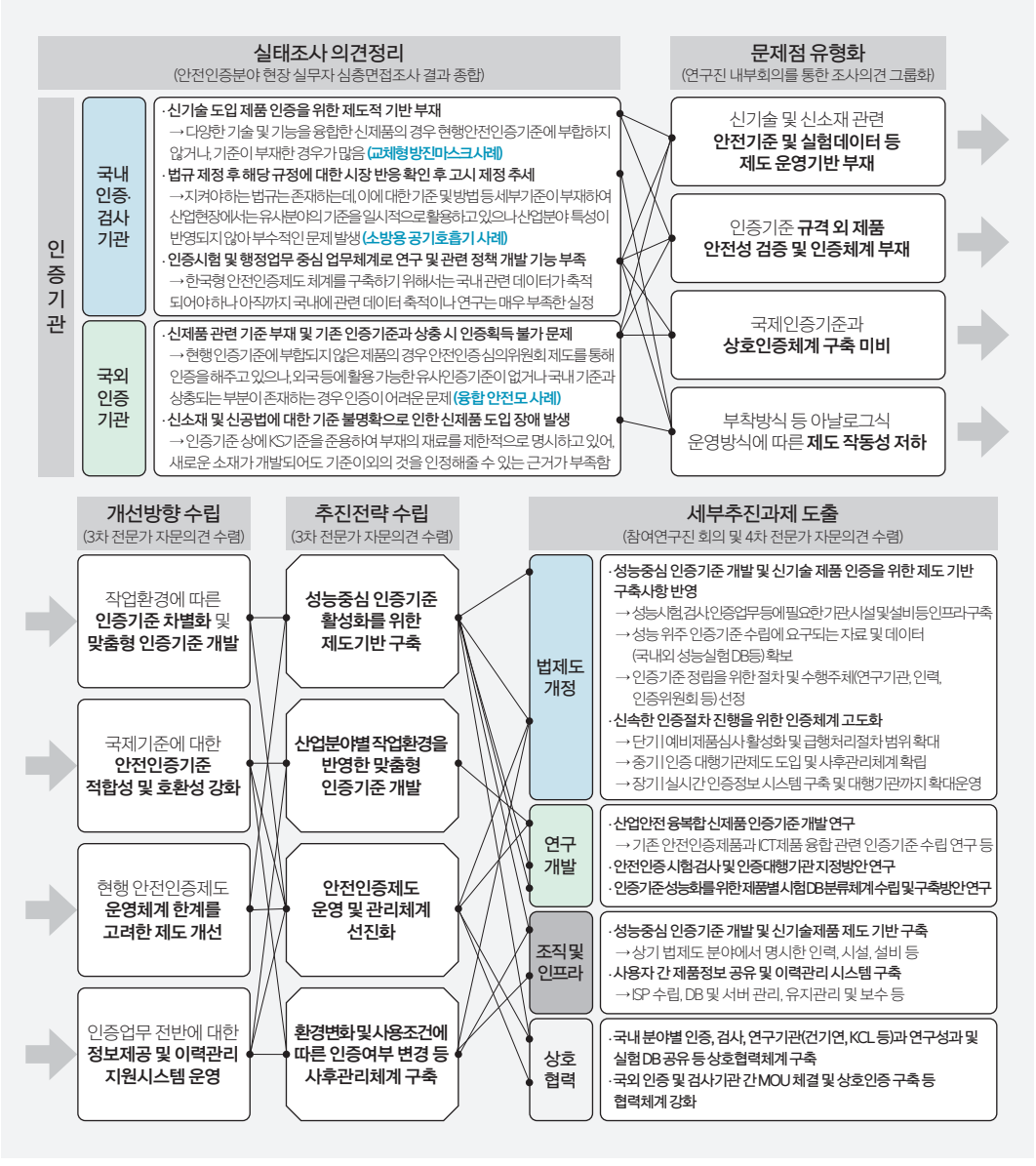
[그림4] 사용사업장 실태조사 결과

안전인증 대상품 제조사업장 44개소를 대상으로 안전인증 대상품 개발 시 장애요인, 안전인증 관련 개선 필요사항, 안전시장 활성화 저해요인 및 제도 개선의견 등의 제조실태를 다음 그림 5와 같이 파악하였다. 보호구 제조사업장에서는 인증제품에 국한된 기준만 제시되어 있고 부착부품 등에 대한 기준이 부재하다는 의견 등 3건, 방호장치 제조사업장에서는 환경변화 및 사용조건에 따른 항목부재 등 2건과 기계기구 제조사업장에서는 제품 기준간 상세화 차이로 인한 담당자 역량의 변동성 발생 등의 의견이 있었다. 문제점을 개선하기 위하여 법·제도 개정 분야 2과제, 연구개발 분야 4과제, 조직 및 인프라 분야 1과제와 상호협력 분야 1과제 등 세부추진과제를 각각 도출하였다.



[그림5] 제조업장 실태조사 결과

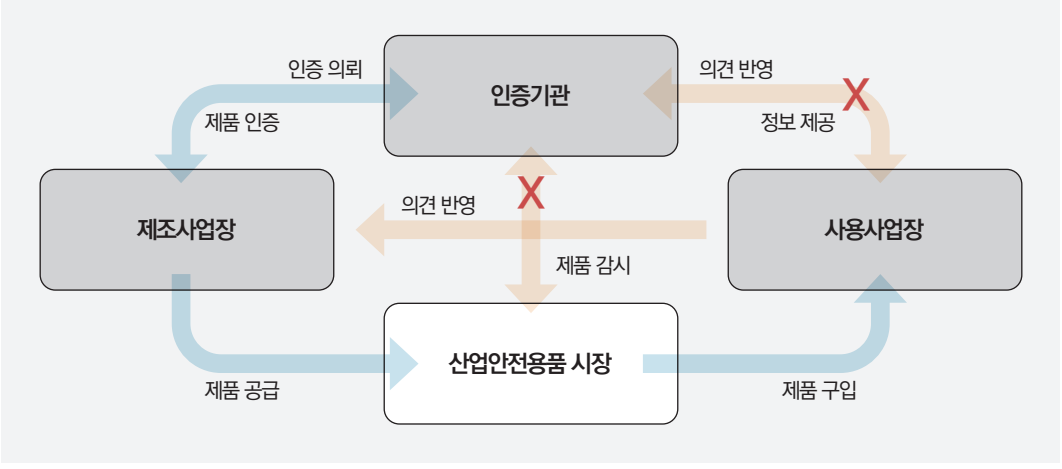
안전인증기관 5개소를 대상으로 타법 및 국외 안전인증절차, 제도개선 의견 등의 인증실태를 다음 그림 6과 같이 파악하였다. 주요 결과로는 국내 인증·검사기관에서의 신기술 도입 제품 인증을 위한 제도적 기반 부재 등 3건과 국외 인증기관에서의 신제품 관련 기준 부재 및 기존 인증기준과의 상충시 인증획득 불가 문제 등 2건의 실태조사 의견을 정리하고 문제점을 개선하기 위하여 법·제도 개정 분야 2과제, 연구개발 분야 3과제, 조직 및 인프라 분야 2과제와 상호협력 분야 2과제 등 세부추진과제를 각각 도출하였다.



[그림6] 인증기관 실태조사 결과

(3) 시사점

안전인증 생태계는 그림 7과 같이 인증기관, 제조사업장, 안전시장과 사용사업장 등 크게 4가지 주체로 구성되는데, 안전인증기준 개선과 더불어 제도의 작동성을 향상시키기 위해서는 무엇보다도 주체별 상호간 단절된 관계를 개선하여 선순환 운영구조를 구축·운영하는 것이 중요하다. 특히, 주체별 원활한 의사소통과 정보교환 채널 구축 및 상호 보완적 관계 개선을 해 효율적인 생태계를 구성하여 외부 변화 또는 영향에 대해 유연하고 능동적으로 대응할 수 있는 능력과 성능중심의 안전인증기준 개선이 가능할 것으로 판단된다.



[그림7] 안전인증 생태계

III. 결론 및 정책제언

본 연구는 안전인증기준의 국내·외 비교·분석 및 관련 실태조사를 통하여 산업안전보건법에 의한 안전인증 제도의 취약점을 분석하고, 안전인증의 선진화 필요성에 대한 문제를 제기하였다는 점에서 기여점이 있다고 볼 수 있다. 또한, 안전인증 대상품 사용 및 제조 사업장과 안전인증 기관별 실태조사 의견을 분류하여 정리하고 문제점을 유형화하여 개선방향 수립을 위한 추진전략 및 세부 추진과제를 도출하였다는 점에서 그 의의가 있다고 하겠다. 본 연구결과는 안전인증 제도 작동성 강화를 위한 개선방안 수립의 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 생각되며, 향후 관련 학술대회 발표 및 투고를 통해 이해관계자들과의 공감대를 형성해 나갈 예정이다. 더불어, 안전인증 관련 제도 및 고시 등 제·개정을 통한 안전 신기술·신공법이 적용된 다양한 안전인증 대상품의 보급·사용이 가능할 것으로 기대된다.

건설기계 특고종사자 보호방안 연구

연구상대역
산업안전보건연구원
안전보건정책연구실 나민오 연구위원

연구책임자
동아대학교 산학협력단 정지현 교수

건설기계조종(운전)사의 고용형태의 복잡성과 건설현장에서 노무를 제공해야 하는 작업특성을 고려하여 이들의 고용 형태와 관계없이 작업공간을 실질적으로 지배·관리하는 건설업체(원청)에게 최소한의 안전보건조치 및 안전보건교육의무를 이행토록 할 필요가 있다.
본 연구에서는 건설기계조종(운전)사의 고용 형태와 노무제공계약의 실태를 확인하고, 법 적용상의 문제점과 실효성 있는 건설기계조종(운전)사의 보호방안을 제시하였다.

Ⅰ. 서론

산업안전보건법(이하 산안법)은 자영인이라 하더라도 주로 하나의 사업에 전속적으로 노무를 제공하는 특수형태근로종사자에 대한 보호규정을 반영하였으며, 건설기계 27종의 조종(운전)사를 특수형태근로종사자에 포함하였다. 특수형태근로종사자로부터 노무를 제공받는 자는 법으로 정한 안전보건조치와 안전보건교육을 실시할 의무를 갖는다. 문제는 ① 3면적인 계약관계(조종사-대여·배차업체-건설업체)를 형성하는 건설기계 임대차계약의 특성으로 인해 건설기계 조종(운전)사의 사용자 또는 노무를 제공받는 자가 누구인지에 대한 혼란이 발생할 수 있다는 점과, ② 건설기계 조종(운전)사가 근로자인 경우와 특수형태근로종사자인 경우에 각각 보호의무의 이행주체가 달라져 현실적인 보호에 어려움이 발생할 수 있다는 점이다.

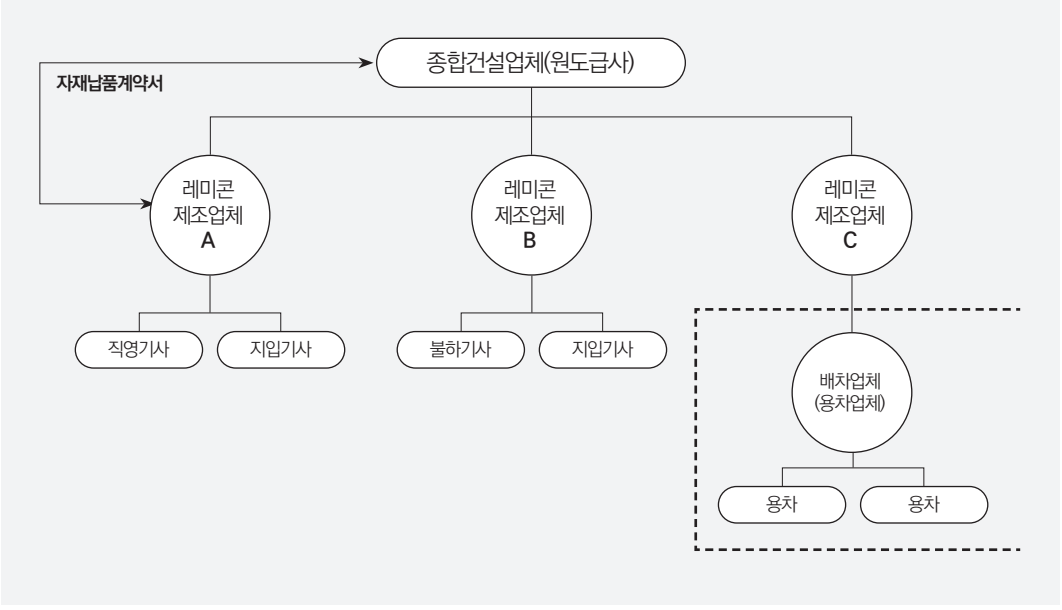
이에 연구에서는 건설기계 조종(운전)사의 고용관계와 노무제공 실태를 조사하여 실질적인 안전보건확보의무 이행주체를 확인하고, 건설기계 조종(운전)사의 법적지위에 따른 보호의무 이행주체와 산안법의 적용상 발생할 수 있는 문제점과 개선방안을 제시해 보았다.

II. 연구내용

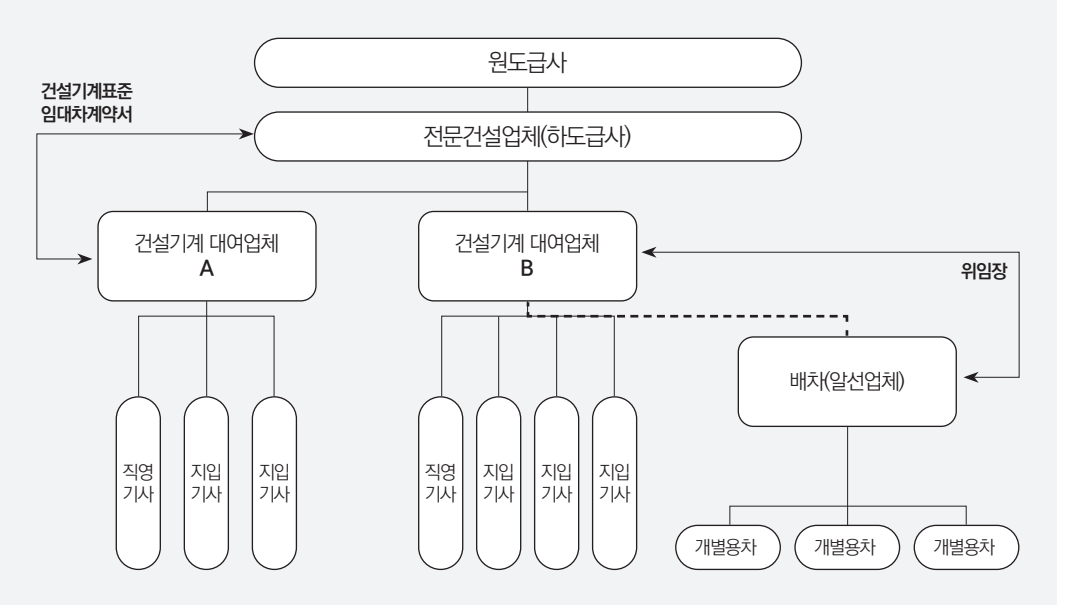
건설기계(27종)의 사용실태와 계약구조

현행 건설기계관리법(이하 건기법)은 건설기계의 효율적 관리 및 안전도를 확보하기 위해 건설기계 소유자에게 건설기계를 등록하도록 의무화하고 있다. 건설기계를 임대하려는 자는 건설기계대여업(영업용)으로 등록해야 하는데 주기장 등의 등록요건을 갖추기 어려운 개인차주들은 대여업체에 자신의 차량을 지입하여 대여업체 소속 조종(운전)사로 일하고 있다. 2019년 12월말 기준, 국내에 등록된 건설기계는 508,005대이며 임대를 목적으로 등록된 영업용이 50.6%(256,808대)를 차지한다.

건설기계조종(운전)사의 고용형태는 건설업체나 레미콘제조업체가 소유한 건설기계를 운전하는 정규직 직영기사와 비정규직 특수형태근로종사자(도급·불하·지입·용차·개별용차 기사)로 구분된다. 조종(운전)사는 건설업체와 직접 계약하는 경우는 드물고 '대여업체'를 통해 건설현장과 계약을 체결하고 노무를 제공하고 있다. 한편, 법적으로 인정되지 않지만 배차사무실이라고 부르는 '배차업체'도 존재한다. 차량운행 및 영업경험을 바탕으로 기존의 거래선을 이용하여 영업능력이 떨어지는 차주들이나 친분관계에 있는 차주들에게 일감을 알선하는 형태이다. 만약 최초 계약한 대여업체가 건설현장과의 계약 물량을 확보하지 못한 경우, 다른 대여업체나 법적 실체가 없는 배차업체와 중층의 위임 관계로 임대차 계약을 체결하고 업무를 수행하고 있다.



[그림1] 레미콘 제조업체 노무제공유형



[그림2] 건설현장 노무제공유형

건설기계조종(운전)사의 고용구조와 안전보건 실태조사

1) 건설기계조종(운전)사를 대상으로 근로실태를 조사한 결과, 계약체결 및 노무관리와 경제적의존성은 '소속회사(대여·배차업체)'에게 높게 나타났으며, 근무장소과 근무내용의 결정권, 안전보건책임주체는 노무를 수령하는 '건설업체'에게 높게 나타났다. 조종(운전)사는 건설기계 등록, 세무문제 해결 및 주기장 사용을 목적으로 소속회사와 계약을 체결하고 있으며, 건설기계 사용 및 유지·보전에 소요되는 비용과 질병, 부상 등으로 조종(운전)사 대체에 필요한 비용을 본인이 부담하고 있다. 한편 노무제공과 관련한 근무시간, 업무내용 등의 계약체결 주도권은 건설현장이 가지고 있으며, 이러한 계약사항에 대한 위반 시에는 소속회사에서 계약을 해지하거나 업무량 배분 시 불이익을 주는 것으로 나타났다. 대여업체는 조종(운전)사에게 주로 '관리회사'로 인식되고 있으며, 용차기사들의 조합형태로 운영하는 배차업체는 기사들과 동일하게 '노무를 제공하는 자'로 인식하고 있었다.

2) 건설업체를 대상으로 건설기계조종(운전)사에 대한 노무수령 유형을 조사한 결과, 근로·임대차·도급·업무위탁계약 중 임대차계약의 비율이 월등히 높게 나타났다. 계약유형별로 다소의 차이는 있으나 조종(운전)사의 대다수는 건설업체와 대여·배차업체가 체결한 계약에 따라 노무를 제공하지만 계약조건의 결정에서는 배제되고 있었다. 건설업체는 노무수령 시 근무장소·시간, 업무내용·지시, 보수결정·지급 등의 계약체결에 있어 주도적 역할을 수행하고 있으며, 스스로를 조종(운전)사의 산업재해예방을 위한 주체적 역할을 수행하는 자로 인식하고 있었다. 특히 산재예방을 위해 원청의 역할이 중요한 것으로 나타났다.

3) 대여업체를 대상으로 조종(운전)사와의 고용관계를 조사한 결과, 도급·불하·지입·용차기사 중 지입기사가 거의 과반을 차지하였다. 건설

현장과 계약은 주로 하청업체의 요청에 따라 대여업체가 계약을 체결하고 이때 조종(운전)사를 대여업체가 선정하는 방식이 큰 비중을 차지하였다. 대여·배차업체의 다수가 스스로의 위치를 '노무를 제공하는 자'로 인식하고 있었으나, 상대적으로 조종(운전)사는 대여업체를 '관리업체'로 인식하는 비율이 높았다. 다만 대여업체(22%)와 배차업체(0%)를 '노무를 제공받는 자'로 인식하는 비율은 낮게 나타나 대다수가 건설업체를 노무를 제공받는 자로 인식하고 있음을 확인할 수 있었다.

건설기계(27종) 특고종사자에 대한 보호방안

(1) 건설기계조종(운전)사에 대한 보호주체의 명확화

건설기계조종(운전)사의 고용형태는 실태조사에서 살펴본 바와 같이 다자간의 혼합계약(건설기계임대차+노무공급)과 다단계 알선을 통해 계약형태가 다양하고 책임주체가 복잡하다. 또한 조종(운전)사의 법적지위가 근로자인지 또는 특수형태근로종사자인지에 따라 산재예방의 실질적 권한의 보유 여부와 관계없이 계약관계에 따라 보호주체가 결정되는 문제점이 있다. 그러나 실태조사 결과를 살펴보면 계약당사자의 의도나 대여·배차업체의 역할을 고려할 때 실제 노무를 제공받고 안전보건조치를 이행해야 하는 주된 보호주체는 건설업체로 확인된다.

한편 산재예방의 책임소재는 근로환경과 작업방식의 결정권을 고려하여 책임주체와 의무의 내용이 결정되어야 하고, 실질적인 예방이 이루어지기 위해서는 책임의 소재에 따라 복수의 책임주체가 공동으로 책임을 부담할 수 있어야 한다. 영국에서는 근로자가 아니라도 사업으로 인해 발생된 위험에 노출되는 자에 대한 사업주의 보호의무를 인정하고 있으며, 독일에서는 동 작업장에서 여러 사용자의 취업자가 동시에 업무를 수행하는 경우 사용자들 간의 협력의무, 정보제공, 확인의무를 부여하고 있다.

국내에서도 산재예방의 실질적 권한을 고려하여 파견법은 사용사업주에게 파견근로자에 대한 보호의무를 부여하고 있으며, 산안법은 사내하도급의 도급인에게 수급인의 근로자에 대한 안전보건조치의무를 부여하고 있다. 또한 산재보험법은 건설기계를 임대차계약으로 사용하더라도 건설기계 조종(운전)사의 노무제공의 실질은 '도급'에 해당한다고 해석하여 2018년부터 원수급인에게 조종(운전)사의 산재보험 가입의무를 부과해 왔다.

따라서 산안법상 부담하는 책임의 내용은 계약당사자가 부담하는 계약상의 책임범위에 따라 건설기계의 하자라든가 미숙련조종사의 제공 등은 차주와 임대인의 책임으로, 건설현장에서의 작업환경, 작업지시 등으로 발생하는 안전보건 문제는 현장관리자(건설업체)의 책임으로 파악할 필요가 있다. 만약 책임주체를 확정하기 어려우면 원청업체와 하청업체가 공동사용자(joint employer)로서 책임을 부담하도록 구성할 수 있을 것이다.

(2) 대여업체의 관리책임 강화

지입차주인 조종(운전)사는 건설기계의 사용 및 유지보전, 건설기계의 안전확보 및 교육에 소요되는 비용을 주로 본인이 부담하는 것으로 나타났으며, 작업현장 위험요인 등에 관한 안전보건정보는 제공받고 있으나 계약체결 후 또는 작업 중 필요에 따라 정보가 제공되고 있어 현장상황을 사전에 안내하여 조종(운전)사가 대비할 수 있도록 개선이 필요하였다. 또한 건설·대여업체가 조종(운전)사를 위해 계약서에 안전보건 조치

사항을 명시하거나 안전보건관리에 관한 자체 규정이나 매뉴얼을 보유한 경우는 매우 낮게 나타났으며 안전보건교육과 관련된 비용을 지원하는 사례도 드문 것으로 나타났다.

종래에는 대여업체가 조종(운전)사와의 관계에서 차량등록, 주기장, 세무업무 등의 관리업무 수행에 중점을 두었다면 앞으로는 차량의 법적 소유주이자 건설기계 임대차계약의 당사자로서 차량의 상태와 조종(운전)사의 경력 및 교육이수 현황 등을 관리하여 임차인인 건설업체에 제공할 의무를 부담하게 할 필요가 있다. 특히 장비의 하자로 인해 사고가 발생하지 않도록 등록된 건설기계에 대한 점검, 수리, 관리를 실시하고 해당 기록을 건설업체에 제공하도록 관리책임을 강화할 필요가 있다.

(3) 안전·보건조치 및 교육실시에 대한 효과적인 운영방안

건설기계 임대차계약 당사자간 안전·보건조치 의무사항을 정리하여 기록·보관할 수 있도록 「건설기계 작업 및 안전·보건조치 확인양식」(보고서 표 4-7)을 활용하여 건설기계의 상태, 조종(운전)사의 경력 등에 대한 계약주체 상호간 정보공유와 대여업체의 관리책임 강화, 작업 전·중·후 안전·보건조치의 이행이 정착되도록 할 것을 제안하였다.

또한 현행 교육제도 운영실태를 고려하여 현행 안전보건교육제도에 대한 보완(안)과 기초안전보건교육 신설(안)을 제안하였다. 전자는 교육시간 산정에 대한 현장의 혼란을 해소하고 교육시간의 부담을 감소시킬 수 있으며, 후자는 현장에서 문제로 지적된 교육내용의 전문성 부족, 중복수강, 교육비용 부담에 관한 문제를 전문기관을 통한 교육, 장·단기 작업기간에 맞춘 교육시간 재설정, 산재보험을 통한 교육비용 일괄징수를 통해 해소하고 교육제도의 효과성을 높이는 데 기여할 것이다.

III. 결론 및 정책제언

본 연구는 건설기계 조종(운전)사의 고용구조와 안전보건 실태를 조사하여 안전보건확보를 위한 실질적 책임주체를 명확히 하는데 기여할 것으로 보인다. 산재예방의 책임은 근로환경과 작업방식의 결정권을 고려하여 노무를 제공받는 건설업체가 보호의무를 부담하되 현장의 지배·관리 권한에 따라 원청과 하청이 함께 공동사용자의 책임을 부담할 것을 제안하였다. 또한 대여업체는 건설기계의 소유자이자 임대차계약의 주체로서 조종(운전)사의 경력과 교육이수 여부, 건설기계의 정비, 수리에 대한 기록의 관리와 제공의무를 부여할 것을 제안하였다. 끝으로 안전보건조치와 교육실시에 관한 개선방안을 제시하여 제도의 효과성을 높일 것을 제언하였다. 본 연구의 결과물은 법 개정 및 정책수립을 위한 기초자료로 활용이 될 수 있으며 관련 학술대회에 발표 및 투고 될 예정이다.

본 연구과제는 동아대학교 산학협력단(연구책임자 정지현 교수)에서
수행한 연구과제를 요약·정리하였습니다.

화학물질 독성 스크리닝을 위한 3차원 세포배양 기술 적용 타당성 연구

연구책임자
산업안전보건연구원
산업화학연구실 임철홍 연구위원

암과 유전질환은 치유되기 어려운 치명적인 질환으로 신규화학물질로 인한 직업암 및 유전암 예방을 위하여 화학물질의 유해성·위험성 조사제도가 운영되고 있다. 우리나라에서는 미생물에서의 돌연변이와 실험동물에서의 소핵시험자료를 활용하여 유전독성 우려물질을 스크리닝하고 있으나, 최근 생명윤리적 관점에서 동물시험자료는 가능한 사용하지 않도록 권고하고 있으며, 동물시험자료의 최소화를 위해 대체시험법과 대체시험법을 활용한 평가법이 개발되고 있다. 본 연구에서는 대체시험법 및 대체시험자료를 활용한 유전독성 평가방법의 국내외 적용현황을 조사하여 이를 바탕으로 신규화학물질의 유해성·위험성 조사제도에서의 관련규정 개정을 제안하였다.

I. 서론

유전자에 영향을 주는 화학물질은 암 또는 유전질환을 일으킬 우려가 있어 사용을 금지하거나 엄격히 관리할 필요가 있다. 암 또는 유전질환 유발물질은 사람의 경험 또는 동물시험결과를 활용하여 평가하지만, 현실적으로는 두 방법 모두 쉽게 이용 가능하지 않다. 따라서 산업현장에 새롭게 사용되는 화학물질에 대해서는 유전독성을 확인하는 체외시험(in vitro) 또는 실험동물을 이용한 단기간 스크리닝 시험을 실시하여 암 또는 유전질환 유발 우려물질을 사전에 확인한다. 최근 생명윤리정신이 높아짐에 따라 유전독성분야에서도 대체시험법 및 동물시험자료를 최소화하는 평가체계가 도입되고 있다. 본 연구에서는 유전독성분야에서 동물시험대체 및 동물시험자료의 최소화를 요구하는 평가방법에 대한 국내외 흐름을 파악하여, 강화된 생명윤리에 적합한 유전독성 평가체계를 제안하고자 하였다.

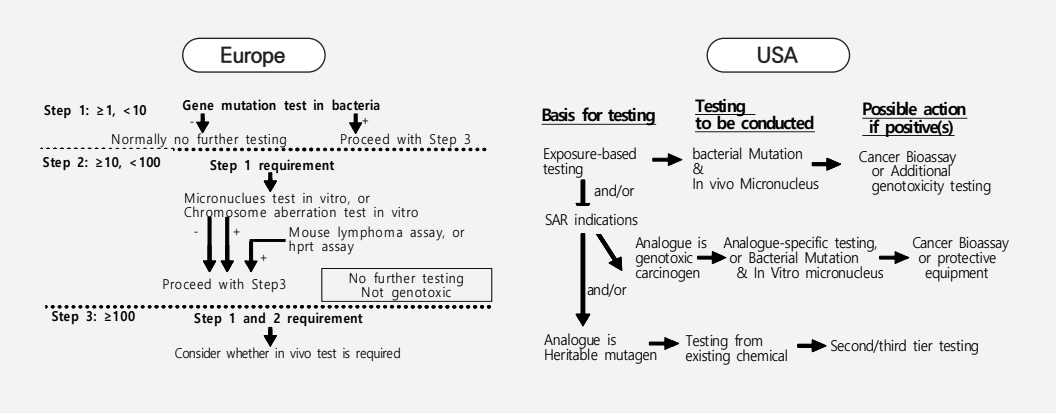
II. 연구내용

기존의 암 및 유전질환 유발물질의 스크리닝 체계

1983년 OECD는 암 및 유전질환 유발기전을 확인하는 시험법인 미생물복귀돌연변이시험, 세포에서의 염색체이상시험, 실험동물에서의 소핵시험을 유전독성 스크리닝 시험법으로 최초 승인하였고, 1984년에는 세포를 이용한 유전자돌연변이시험을 추가로 승인했다. 1983년 승인된 3종의 시험법은 산업화학물질과 의약품, 농약 등의 표준 시험조합으로 사용되었고, 1984년 추가로 승인된 세포를 이용한 유전자돌연변이시험 또한 유럽연합 등에서 주요 평가 자료로 활용되었다. 한편, 유전독성은 표준 시험조합에서의 시험결과에 따라 동물을 이용한 발암성/변이원성 평가시험을 추가적으로 요구하는 계층화 시스템과 사용량에 따른 평가 자료의 시험결과에 따라 후속평가 체계가 달라지는 사용량-시험결과 결합형 평가체계로 나눌 수 있다. 계층화 시스템은 의약품과 농약평가에서 주로 활용되었으며, 기타 대부분의 국가에서 산업화학물질의 유전독성평가에 활용되었다. 사용량-시험결과 결합형은 유럽연합의 산업화학물질 평가에서 주로 사용되었으나, 최근 유럽연합의 REACH(Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemical, 화학물질등록평가허가법)가 유해화학물질 평가의 표준방법으로 인정되는 추세에 따라 사용량-시험결과 결합형 평가체계 채택이 늘어나고 있다.

유럽연합에서의 사용량-시험결과 결합형 평가체계 적용사례를 보면, 연간 제조·수입량이 1톤 이상 10톤 미만인 화학물질은 미생물에서 돌연변이(OECD 시험가이드라인 471)를 평가하여 음성이면 추가적인 유전독성평가를 수행하지 않지만 제조·수입량이 10톤 이상이 되면 배양세포에서 염색체 이상을 확인하고, 여기서도 음성이면 추가적으로 다른 배양세포시스템에서 유전자 돌연변이를 확인하여, 모든 시험에서 음성이면 유전독성을 일으키지 않는다고 간주한다. 그런데 유전독성시험에서 양성이 있거나, 연간 제조·수입량이 100톤 이상으로 증가하면 동물시험을 포함하여 추가적인 시험의 평가를 고려한다. 계층화 시스템을 사용하는 미국의 경우에는 연간 10톤 이상 제조·수입하는 신규화학물질을 대상으로 노출평가를 실시하여 유전독성 평가가 필요하다고 판단되면 미생물에서 돌연변이와 실험동물에서 소핵시험을 동시에 실시하며, 그 결과에 따라 추가적으로 암 또는 유전질환 유발 가능성을 평가한다.

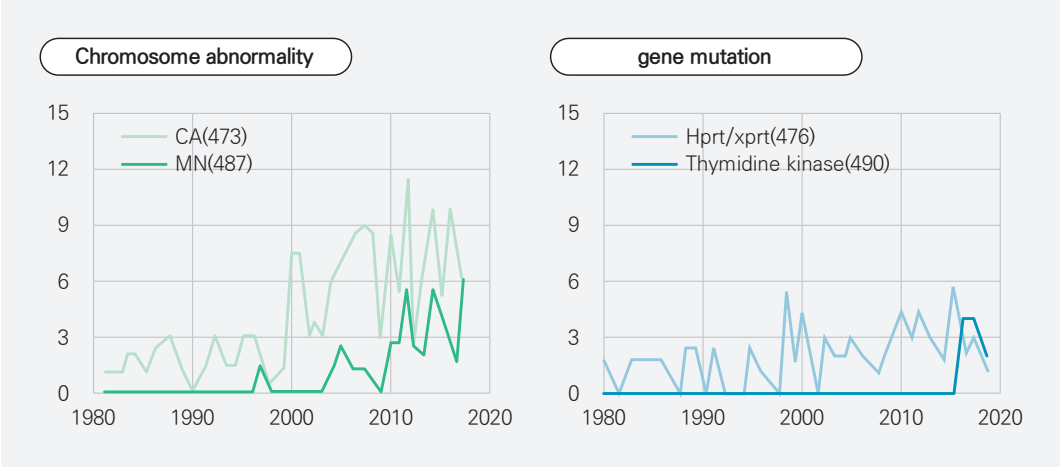
우리나라에서도 유럽연합의 평가체계에 영향을 받아 사용량-시험결과 결합형에 가깝게 되었는데, 환경부에서는 유럽연합의 REACH보다 가까우며, 고용노동부는 미국의 신규화학물질 평가시스템에 가까운 형태로 운영하였다. 즉, 유전독성평가에 있어 기본적으로 미생물에서의 돌연변이와 실험동물에서의 소핵시험을 요구하지만, 제조·수입량이 연간 10톤 미만인 경우에는 미생물의 돌연변이가 음성이면 소핵시험이 면제된다. 10톤 이상인 경우에는 미생물에서의 돌연변이시험과 실험동물에서의 소핵시험을 모두 확인하여 유전독성 우려물질을 스크리닝한다.



[그림1] 유럽연합 및 미국의 산업화학물질 유전독성 평가체계 비교

유전독성 스크리닝 체계의 최신 동향

암 및 유전질환 유발물질의 스크리닝 시험으로는 기존 시험방법만으로는 충분하지 않아 1984년 이후 추가적인 유전독성시험법이 개발되는데, 추진방향은 ① 유전독성평가 메트릭스 보완 ② 추가적인 기전 시험법 개발 ③ 최신 과학기술의 적용을 통한 시험실간 편차의 최소화 ④ 시험 메트릭스 완성과 동물시험 대체 시험법의 개발이다. 예를 들면 평가 메트릭스 보완을 위해 유전자에 대한 영향을 확인하는 유전자 돌연변이와 염색체 이상을 추가하여 DNA 손상이 유전독성 스크리닝 기전에 포함되도록 하였다. 2016년 개발된 코멧시험은 과거에 비해 다양한 장기에서 간편하게 측정할 수 있다는 장점이 있어 보다 광범위하게 사용될 것으로 기대되고 있다. 분석기술이 발전함에 따라 간편하고, 시험자 간 평가결과의 차이를 줄이는 방법 또한 개발되어 2010년 배양세포에서의 염색체이상시험을 대신하는 소핵시험법이 개발되었다. 또한, 2016년에는 배양세포에서의 hprt/xprt 유전자 돌연변이를 확인하는 시험법을 대신한 thymidine kinase 유전자 돌연변이 시험법이 개발되어 기존의 시험법을 대체하고 있다. 최근 pig-a 유전자를 이용한 체내 돌연변이 시험법이 개발되어 ①유전자 돌연변이, ②염색체 이상, ③DNA 손상 확인의 유전독성 유발 기전 모두에서 생체에서의 시험방법을 확인하는 유전독성평가 메트릭스가 드디어 완성되게 되었다. 2022년 OECD에서 시험법이 승인되면 유전자 돌연변이에 대한 생체평가가 가능하게 된다.



[그림2] 유럽연합 ECHA에서 연간 제조·수입량이 1톤 이상 10톤 미만 847종에서의 배양세포를 이용한 유전독성 시험자료 제출 사례]

유전독성의 스크리닝 평가 메트릭스가 완성되면서 생명윤리적 차원에서 동물시험의 대체시험법도 활발히 연구되고 있다. 유럽연합에서 화장품에 사용되는 화학물질의 유해성평가에서 동물시험이 금지됨에 따라, 대체시험법의 개발은 더욱 시급해졌는데, 사람세포의 3차원 배양기술은 기존의 in vitro 시스템과 실험동물의 한계를 동시에 극복할 수 있을 것으로 기대되고 있다. 사람에서의 화학물질 노출경로를 반영하여 경구노출은 HepG2 간세포의 Hang-in drop 배양시스템, 흡입노출 및 피부노출은 air-liquid interface(ALI, 공기-액체 상호작용) 기법으로 배양한 인공기도 및 인공피부 시스템이 개발되어 유전독성 및 염색체 이상을 확인하는 소핵시험과, DNA 손상을 확인하는 코멧시험법이 개발되고 있다.

유전독성 평가에서의 최신 유전독성 평가법의 적용 방안

고용노동부에서는 신규화학물질의 유해·위험성 조사제도를 통하여 유전독성 스크리닝 자료를 활용한 암 및 유전질환 우려물질을 확인해왔다. 제도 도입 초기에는 미생물에서의 돌연변이와 배양세포에서의 염색체이상시험 자료를 활용하여 유전독성을 평가하기도 하였으나, 2012년부터는 시험결과의 위양성을 줄이기 위하여 유전독성 평가에 미생물 돌연변이시험과 실험동물 소핵시험자료가 적용되었다. 2016년부터는 유전독성 평가에서 제조·수입량을 반영하여 연간 제조·수입량이 1톤 미만인 경우에는 유전독성평가를 면제한다. 제조·수입량이 1톤 이상 10톤 미만이며 복귀 돌연변이시험 음성인 경우에는 소핵시험을 면제하여 유전독성을 평가하고 있다. 그러나 최근 생명윤리적 차원에서 유해성평가 가능한 동물시험은 권고되지 않으며, in vitro 시험자료만으로도 근로자 건강보호 수준을 감소시키지 않고 유전독성을 평가할 수 있는 평가체계가 제안되어 유럽연합 등에서 적용되고 있다. 연구결과 신규화학물질의 유해성·위험성 조사는 동물시험을 최소화 하면서도 근로자 건강보호의 수준을 손상시키지 않는 유전독성평가가 가능하다. 본 연구에서는 산업안전보건법 시행규칙 별표 20 "신규화학물질의 유해·위험성 조사보고서 첨부자료"와 별지 제61호 서식의 관련 조항을 아래와 같이 개정하여 생명윤리에 적합한

유전독성 평가체계를 생명윤리에 대응할 수 있도록 제안하였다. 다만, 유해성 평가 자료에 있어 3차원 배양세포를 이용한 시험법은 아직 개발단계에 있어 빨라야 2023년에 개발이 완료될 것으로 보여, 적용이 탄력적으로 고려되어야 할 것이다.

	현행	개선(안)
필요 서류	① 복귀돌연변이시험 ② 시험동물을 이용한 소핵시험	① 좌동 ② 유전독성을 확인할 수 있는 추가시험*
면제 규정	가. 제조・수입량이 100킬로그램 이상 1톤 미만인 경우 : 복귀돌연변이시험설적서 및 시험동물을 이용한 소핵시험 성적서 나. 제조・수입량이 1톤 이상 10톤 미만인 경우: 시험동물을 이용한 소핵시험. 다만, 복귀돌연변이에 관한 시험결과가 양성인 경우에는 시험동물을 이용한 소핵 시험성적서를 제출하여야 한다.	가. 좌동 나. 제조・수입량이 1톤 이상 10톤 미만인 경우: 유전독성을 확인할 수 있는 추가시험. 다만, 복귀돌연변이에 관한 시험결과가 양성인 경우에는 유전독성을 확인할 수 있는 추가시험서를 제출하여야 한다.

* 유전독성을 확인하기 위한 추가시험으로는 포유류 배양세포를 이용한 세포유전학적 시험(예:OECD 시험가이드라인 473 또는 487)과 시험동물을 이용한 체세포 유전독성 시험(예들 들면 OECD 시험가이드라인 474 또는 475)이 포함된다. 다만, 포유류 배양세포를 이용한 세포유전학적 시험에서 음성인 경우에는 실험동물을 이용한 체세포 유전독성시험을 포유류 배양세포를 이용한 유전자 돌연변이 시험(예를 들면 OECD 시험가이드라인 476 또는 490)으로 대신할 수 있다. 국제적으로 인정되는 3차원 세포배양기술을 이용한 유전독성시험결과는 실험동물을 유전독성시험결과로 대체할 수 있다.

III. 결론 및 정책제언

암과 유전질환은 사람에게 치명적인 질환으로 치유되기 힘들다. 따라서 이들 질환을 유발하는 화학물질로부터 근로자를 보호하기 위하여 사전에 유해성을 평가하여 발암성 및 유전독성물질로 확인되면 사용을 금지하거나 엄격히 관리할 필요가 있다. 한편, 암과 유전질환 유발물질의 평가는 많은 경험과 실험동물을 사용한 독성시험 자료가 필요하지만 산업현장에서 사용되는 모든 화학물질에 대하여 이러한 자료를 이용하여 유해성을 평가하는 것은 현실적이지 않기 때문에 기전에 근거하여 체외시험(in vitro) 및 단기간 동물시험으로 구성된 스크리닝 시험조합으로 신규화학물질의 유전독성을 확인한다. 최근 생명윤리적 관점에서 유해성평가는 가능한 동물시험자료를 사용하지 않는 것이 권장되며, 유전독성 또한 동물시험 대체시험법 개발과 함께 평가기법에 있어서도 동물시험자료의 최소화 방법이 제안되고 있다. 따라서 국내에서도 동물시험 사용의 최소화를 요구하는 생명윤리적 관점을 수용하여 산업현장에서 신규화학물질 유해성평가 체계의 동물시험을 최소화할 수 있는 평가체계를 도입해야 할 것이다.

OSH
RI::
VIE
W

OSHRI : About

01. 화학물질이 폭발하는 이유? '위험성연구부의 역할과 기능'

02. 휘발성 유기화합물 함량 감소를 위해 대체한 '무용제형' 선박 방청용 에폭시 수지 도료의 피부과민성 평가와 피부노출 관리

OSHRI:About은 산업안전보건연구원에서 수행하는 연구 외 전문활동을 소개합니다.

화학물질이 폭발하는 이유?

'위험성연구부의 역할과 기능'

산업안전보건연구원
산업안전연구실 한우섭 부장

현대 사회에서 화학물질은 의약품, 농약 등의 산업용 원료와 생활편의를 위한 소비자 제품 등으로 광범위하게 사용되고 있다. 화학물질이 우리 삶의 전부를 지배하고 있다고 해도 과언이 아닐 만큼 우리는 화학물질의 홍수 속에서 살고 있다. 화학산업의 발전과 더불어 매년 새로운 화학물질이 개발되고 있으며 지속적인 화학물질 수요 증가에 따라 화학물질의 유통량도 늘어나고 있다. 그러나 산업현장에서는 화학물질의 편리함 뒤에 숨어있는 위험성을 알지 못하거나 잊은 채 잘못 취급하거나 사용하고 있다. 이로 인해 화재·폭발 등의 대형 화학사고가 발생하고 누군가의 아빠나 엄마이고 또는 아들이나 딸인 사랑하는 사람이 목숨을 잃거나 다치는 가슴 아픈 일이 반복하여 발생하고 있다. 제4차 산업혁명 시대에 접어든 지금 화학물질로 인한 화재·폭발사고는 왜 계속 되풀이 되어 발생할까? 다음은 화학물질 취급 사업장에서 화재·폭발로 인해 중대재해를 경험한 사례이다.

#1. 분진이 폭발하는 줄 몰랐습니다

5년 전의 일을 생각하면 아직도 슬픈 마음에 눈물이 멈추지 않는다. 그 당시 첫 직장이었던 휴대폰 케이스 가공 공장에서의 폭발사고로 인해 친한 동료를 떠나보내게 되었다. 나 역시 폭발 화염에 의한 중증 화상을 입고 후유증으로 인해 하루하루 생활을 힘겹게 이어가고 있다. 회사에서 우리는 휴대폰 케이스의 표면을 매끄럽게 갈아낼 때 나오는 마그네슘합금 폐기 분진의 수거 작업을 담당하고 있었다. 그 날도 여느 때와 다름없이 폐기 분진이 모아진 집진장치에서 빗자루를 사용해 분진을 털어내고 있었다. 늘 하는 작업이었고 폐기 분진이 날려 먼지가 발생하는 점을 제외하면 특별히 위험하다는 생각을 해 본 적도 없었다. 그래서 방진 마스크를 쓰는 것 이외에는 어떠한 안전조치도 필요 없다고 생각했었고, 다른 동료들도 모두 그런 식으로 작업을 하였다. 그 날도 나의 친한 동료는 집진장치의 백필터에 부착되어 있는 마그네슘합금 폐기 분진을 금속재질의 봉과 빗자루를 사용하여 털어내고 있었다. 나는 폐기 분진을 담을 상자를 가지고 집진장치 옆 다소 멀리 떨어진 곳에서 대기하고 있었다. 그런데 갑자기 폭발음이 나며 밝은 화염이 내가 있는 방향으로 오는 것을 볼 수 있었지만 그 후 바로 정신을 잃어 아무런 기억이 나지 않는다. 나중에 깨어보니

내 몸 전신이 붕대로 싸여 병원 침대에 누워 있었다. 집진장치에서 멀리 떨어져 있던 나 자신이 이 정도의 피해를 입었다니 나의 친한 동료는 어떻게 되었을까하는 불길한 마음이 스쳐 지나갔다. 이번 폭발사고는 나의 절친 동료를 포함한 3명의 목숨을 앗아갔고, 나를 포함한 2명에게 중상을 입혔다. 마그네슘합금 폐기 분진이 얼마나 위험한지 미리 알았더라면, 또한 안전하게 취급하기 위한 화학물질 정보와 매뉴얼이 있었더라면 이러한 끔찍한 사고는 발생하지 않았을 거라는 생각에 너무나 답답하고 슬픈 마음을 주체할 수 없었다.

#2. 분진에 튄 용접불꽃이 엄청난 폭발사고로 이어졌습니다

나는 고밀도 폴리에틸렌을 제조하는 회사에서 원료 저장 사일로의 정비보수를 담당하고 있었다. 저장 사일로의 정기적인 정비보수 작업 시에는 많은 정비 인력이 투입되어 작업했다. 폭발사고가 일어난 그 날 사일로 내부 검사를 위해 사일로 2층에 맨홀을 설치하는 작업을 진행할 예정이었다. 이를 위해 사일로 내부에 고밀도 폴리에틸렌 분진을 제거하고 남아있는 에틸렌 가스를 공기로 바꾸는 작업을 수행한 상태였다. 그러나 협력업체 작업자들이 사일로 하부 측면에서 맨홀을 설치하기 위해 용접작업 중 사일로 내부에 남아 있던 고밀도 폴리에틸렌 분진에 용접 불똥이 튀면서 폭발사고가 발생했다. 폭발사고로 인해 6명이 사망하고 11명이 부상을 입었다. 엄청난 폭발사고를 직접 목격한 나는 큰 충격을 받았으며 안전보건공단의 사고조사 결과 사일로 내부의 고밀도 폴리에틸렌 분진 제거 작업이 제대로 이루어지지 않았으며, 사고원인물질인 고밀도 폴리에틸렌 분진은 양말을 신고 양탄자 위를 걸어갈 때 발생하는 정전기에도 쉽게 불이 붙을 수 있다는 사실도 알게 되었다. 이러한 고밀도 폴리에틸렌 분진의 위험성을 미리 알고 있었다면 폭발사고를 사전에 예방하고 안전한 작업이 가능했을 것이라는 점에서 너무나 마음이 아팠다.

[그림1] 마그네슘합금의 폭발사고

[그림2] 용접불꽃에 의한 고밀도 폴리에틸렌의 폭발사고

얼마나 위험한 물질인지 아는 것이 안전의 시작

이들 사고의 공통점은 사용 및 취급하는 화학물질에 대한 위험정보가 근로자에게 제대로 제공되지 않았다는 사실이다. 또한 '지피지기 백전불태(知彼知己 百戰不殆)!'라는 말과 같이 사업장에서 사용하거나 취급하는 화학물질의 위험성을 제대로 아는 것이 화학물질로 인한 화재·폭발사고를 예방하기 위해 무엇보다 중요하다는 교훈을 우리에게 주고 있다. 이러한 화학물질로 인한 화재·폭발사고를 예방하기 위해 산업안전보건연구원 위험성연구부에서는 화재·폭발 위험성 시험평가, 위험성 정보 활용을 통한 화재·폭발사고의 원인규명 지원, 사회적 이슈 해결을 위한 현안 중심 연구 등과 같은 다양한 업무를 수행하고 있다.

화재·폭발 사고의 원인규명을 위한 시험·평가 지원

위험성연구부는 다양한 분석장비를 이용해 화학물질에 대한 시험 및 평가를 수행함으로써 화학물질의 위험성 정보를 생산하고, 이 정보를 활용하여 사고원인 규명 및 동종재해 예방에 필요한 대응방안을 수립하고 있다. 화학물질에 의한 화재·폭발사고의 원인규명을 위해 위험성연구부에서 수행한 대표적인 시험분석 사례를 소개한다.

국내 A사업장의 사옥 신축공사 현장에서는 저수조 방수를 위해 저수조 벽과 바닥에 에폭시 도포작업을 실시하던 중 원인을 알 수 없는 화재가 발생하여 작업자 2명이 사망했다. 당시 작업에 사용된 에폭시용 희석제의 인화점[1)]은 27℃로 물질안전보건자료(MSDS)에 기재되어 있었다. 그러나 당시의 주위 온도는 25℃인 것으로 확인되었다. 그렇다면, 어떻게 희석제에 불이 붙은 것일까? 안전보건공단의 사고조사 담당자는 현장에서 희석제를 수거하여 산업안전보건연구원 위험성연구부에 시험을 의뢰하였다. 위험성연구부 담당자는 수거한 물질이 몇 도에서 불이 붙는지 확인하기 위한 인화점 시험을 실시하였다. 그 결과, 인화점은 12 ℃인 것으로 나타났다. 또한 수거 물질의 구성성분을 분석한 결과, 물질안전보건자료에 기재한 물질과는 다른 인화점이 낮은 물질들로 희석제가 구성되어 있는 것을 확인하였다. 이 시험결과로 사고조사 담당자는 사고원인과 관련된 의문점을 해소할 수 있었다.

화재·폭발 위험성 정보 제공

위의 사고사례와 같이 화학물질로 인한 다양한 화재·폭발사고 예방을 위하여 위험성연구부에서는 화재·폭발 사고가 발생했을 때 시험분석을 통해 사고 원인을 규명하고 있다. 화학사고의 원인으로 추정되거나 물리적 위험성 정보가 부족한 화학물질에 대해서 운전온도, 압력, 폭발범위, 발화온도 등의 화재·폭발 관련의 물리적 위험성 시험을 실시하고 있다. 시험분석 결과를 시험성적서 및 평가보고서의 형태로 제공하여 사고원인 규명 및 예방대책수립, 안전진단, 공정안전관리(PSM)

1) 가연성 증기를 발생하는 액체 또는 고체가 공기 중에서 점화원에 의해 표면 부근에서 연소하기에 충분한 농도를 발생시키는 최저의 온도

심사·확인 업무 등의 기술 자료로 활용토록 지원하고 있다. 이를 위해 위험성연구부는 34종이 넘는 다양한 시험 장비를 보유하고 있으며, 특히 분진에 대한 화재·폭발시험·분석은 국내에서는 유일하게 위험성연구부에서만 가능한 시험이다.

위험성연구부에서는 매년 4건 이상 사회적으로 이슈가 되거나 다른 사업장에 전파할 필요성이 있는 위험한 화학물질에 대한 시험 및 심층 분석을 실시하고 있다[표 1]. 또한 시험분석을 통해 해당 물질의 위험성 평가보고서를 작성하여 연구원 홈페이지에 게시하고 관련 학회지 게재 및 학술대회 발표 등을 통해 화학사고 예방에 기여하고자 노력하고 있다. 2020년에는 ▲GHS분류기준에 따른 인화성고체의 연소특성평가 ▲농약 원료물질의 열적 위험성 평가 ▲증발농축에 의한 폐수처리 공정물질의 물리적 위험성 평가 ▲페인트용 안료 및 폐기물의 물리적 위험성 평가 등 4개 보고서를 발간하였다.

[표1] 화학물질의 화재폭발 위험성 정보 제공

구분	2016		2017		2018		2019		2020	
물리적위험성 평가보고서(건)	4		4		4		4		4	
물리적위험성 시험성적서(건)	104		110		128		104		102	
물리적위험성 시험성적서 의뢰목적별 분류	87 ❶	17 ❷	45 ❶	65 ❷	94 ❶	34 ❷	76 ❶	28 ❷	90 ❶	12 ❷

※ ❶ 화학물질에 의한 화재·폭발사고 원인조사 / ❷ PSM 심사, 안전진단, 기술지도, 감독 등의 예방사업 수행 관련

화학물질 위험성연구 및 분석기술 지속 향상

연구 분야에서는 화학물질의 물리적 위험성에 대한 기술자료 개발, 화학사고에 대한 시스템적 원인 분석, 화학물질 취급사업장 안전관리체계 개선 연구 등 화학사고 예방을 목적으로 매년 3건 이상의 연구를 수행하고 있다. 분진폭발특성 평가를 통해 분진의 위험성뿐만 아니라 취급 공정의 안전관리 기준방안 및 법적 개선대책도 제공하고 있다. 또한 다양한 사고원인을 찾기 위한 방안으로 시스템 이론 기반의 분석기법을 사용하여 근본적인 사고 예방대책 연구를 수행하고 있다. 국가 정책 및 제도개선을 위한 연구로서는 공정안전관리(PSM)제도에서의 액화석유가스(LPG) 등의 화학물질 취급사업장의 위험관리를 위한 제도의 문제점을 분석하여 현장 작동성 강화를 위한 연구도 함께 진행하고 있다.

아울러 2021년에는 열분해 분석시스템 구축을 통한 위험성 정보 제공을 위해서 가스크로마토그래피·질량분석 장비를 도입할 예정이다. 이를 통하여 화재·폭발현장의 연소 잔류물이나 위험물질의 휘발성 유기물에 대한 정밀한 정성·정량 분석이 가능하도록 준비하고 있다. 이와 같이 지속적인 최첨단 분석장비 도입과 신뢰성 있는 기술자료 제공을 통하여 화학사고 저감에 기여하고자 한다.

[그림3] 반응열량계 실험

[그림4] 분진폭발장치 실험

현장조사 : '무용제형' 선박 방청용 에폭시 수지 도료의 피부과민성 평가와 피부노출 관리

연구책임자
산업안전보건연구원
산업화학연구실 이나루 부장

국내 조선소에서 도장 작업을 하는 노동자의 '집단 피부병' 발생이 언론을 통해 보고되었다(경향신문 '21.1.8). '집단 피부병'과 관련하여 노·사가 주목한 원인은 대기환경보전법의 대기오염물질을 배출해야 하는 경우 비산배출시설을 설치하도록 한 조항(제38조의2 제5항) 때문에 대체한 '무용제형 도료'이다. 사용하는 도료에 대기환경보전법에서 규제하고 있는 휘발성유기화합물이 포함되어 있기 때문에 조선소에서는 비산배출시설 설치대신 도료 내의 휘발성유기화합물 함량을 5% 미만으로 줄이기 위해 이전에 사용하던 도료를 '무용제형 도료'로 대체하기 시작하였다. 기사에서는 피부 발진의 원인으로 추정되는 물질을 찾아 사용을 중지했다고 했으나, 산업안전보건연구원에서는 정부의 요청으로 '무용제형 도료'의 피부발진 연관성을 확인하기 위해 조선소에서 사용하고 있는 선박 방청용 도료와 조선소 도장 작업 현장을 조사하였다.

에폭시 수지 도료와 피부의 상관관계

조선소에서 2020년 4월에 도입한 '무용제형 도료'와 기존에 사용하던 '용제형 도료'는 기본적으로 에폭시 수지 도료이다. 에폭시(Epoxy) 수지는 분자 내 epoxide group(△)을 가진 화합물이며 반응성이 좋고 우수한 접착성, 강도, 내열성, 전기절연성 및 내약품성으로 접착제, 도료, 성형 분야 등에 널리 이용되고 있다. 에폭시 수지 도료는 수지, 경화물, 반응성 희석제, 용매, 첨가제로 구성되며, 수지와 경화물이 반응하면 굳어지므로, 사용 직전에 현장에서 혼합하는 경우가 많다. 용제형 도료는 주제, 경화제, 신너로 구성되나 무용제형 도료는 휘발성유기합물이 포함된 신너가 빠지고 주제, 경화제로 구성된다.

문헌조사 결과, 에폭시 수지 도료의 가장 큰 건강 유해성은 피부과민성이었다. UN GHS에 따르면 피부 과민성은 물질 또는 혼합물과 피부가 접촉한 후 발생하는 알레르기 반응을 말한다. 즉, 피부 과민성이 있는 에폭시 수지 도료를 피부에 접촉하게 되면 피부 발진이 발생할 수 있다. 피부 발진은 피부 자극성 물질과 피부 과민성 물질에 의해 일어날 수 있으나, 알러지원에 대한 첩포 시험을 하지 않으면 피부 발진이 피부 자극성에 의한 것인지 피부 과민성 물질에 의한 반응인지 확인할 수 없다. 피부 자극성 반응은 가역적인데 비해, 피부 과민성 반응은 비가역적이므로 건강에 대한 우려는 피부과민성 물질에 대해 더 크다.

조선소에서 청수 탱크 용도로 2000년 초부터 방청용 에폭시 무용제 도료를 사용하고 있었으나, 청수 탱크 도료는 전체 도료에서 차지하는 비중이 매우 적다. 2020년부터 각 조선소 현장에서는 평형수 탱크에 사용하는 방청용 에폭시 무용제 도료를 사용하기 시작하였고, 이러한 방청용 도료는 조선업에서 사용하는 도료에서 차지하는 비중이 매우 크므로, 본 조사에서는 4개 도료 제조사의 평형수 탱크용 에폭시 무용제 도료의 안전성을 주요하게 검토하였다. 또, 본 조사는 의학적 검사가 아니기 때문에 문제가 된 피부발진과 무용제 도료의 연관성을 명확히 밝히기 어려워 문헌고찰 및 자료 분석을 토대로 주로 에폭시 수지에서 문제가 되는 피부 과민성에 초점을 맞춰 문제점을 파악하고자 하였다.

'용제형 도료'와 '무용제형 도료' 구성성분 변화와 피부과민성

기존에 사용하던 용제형 도료 중 주제 4종과 경화제 5종, 희석제 4종과 새로 도입된 무용제형 도료 주제7종, 경화제 8종에 대해 건강유해성과 구성성분을 조사하였다. 용제형 도료는 주제 7종 모두 피부자극성, 눈 자극성, 피부과민성으로 분류되었고, 경화제 5종 역시 모두 피부자극성, 눈자극성으로 분류되었고, 피부과민성으로 60% 분류되었다. 무용제형 도료의 주제는 피부자극성 70%, 눈자극성 80%, 피부과민성 100% 분류되었고, 경화제는 100% 피부자극성, 눈자극성, 피부과민성으로 분류되었다. 도료 제조사가 MSDS에 표기한 건강유해성을 기준으로 했을 때 용제형 도료와 무용제형 도료 모두 피부자극성, 피부과민성 유해성을 가지고 있었다.

도료의 성분 중 어떤 구성성분이 피부자극성, 피부과민성, 호흡기과민성이 있는지 조사하였다.

MSDS에는 제품의 유해성 분류만 기재되는 경우가 많고, 제조자에 따라 유해성 분류 결과가 상이할 수 있어, 도료의 구성성분을 조사한 후, 구성성분에 대해 독일 DGUV 보고서의 피부과민성 물질 목록, 유럽연합의 조화분류, ECHA 등록 서류의 분류를 근거로 유해성을 분류하였다. 조사 대상 도료에서 사용된 구성성분 (제조사의 제출 서류를 근거로 함)은 총 92종이었으며, 피부 과민성 구분 1에 해당하는 성분은 26종(28%), 호흡기 과민성 구분 1에 해당하는 성분은 1종(1%), 피부자극성 구분 1 및 구분2에 해당하는 성분은 29종(32%)이었다.

용제형 도료에서 주로 Bisphenol A형 에폭시 수지(CAS NO. 1675-54-3, 25068-36-6, 25036-3)가 사용되었고, 이들은 모두 피부과민성 물질이었다. 무용제형 도료에서 용제형 도료와 달리 Bisphenol F형 에폭시 수지(CAS NO 9003-36-5)가 공통적으로 사용되었다. Bisphenol F형 수지의 분자량이 Bisphenol A형 수지의 분자량도 더 적은데, 분자량이 적을수록 피부과민성이 높아진다는 보고가 있다. 무용제형 도료의 주제에는 에폭시 수지외에도 반응성 희석제가 사용되는데 다수가 피부과민성 물질로 확인되었다. 이외에 첨가제로 사용된 아민 등도 피부과민성 물질이었다. 경화제의 구성성분은 주제의 구성성분보다 다양했으며 피부과민성으로 확인된 물질도 여러 수지류, 아민류, 페놀류 등으로 다양했다. 조선소에서 '용제형 도료'에서 '무용제 도료'로 도료를 교체한 결과, 그들은 기본적으로 에폭시 수지 도료라는 점은 같으나 구성성분은 크게 달라졌으며, 달라진 구성성분은 피부과민성을 일으키는 물질들이었다. 피부과민성은 유발 물질에 특이적인 반응을 일으키므로 구성성분이 달라지면, 반응이 달라질 수 있다.

'용제형 도료'와 '무용제형 도료' 피부과민성 지수 평가

에폭시 수지 제품에서 피부과민성을 완전히 제거하는 것이 어려운데, 현실적으로 에폭시 수지 제품을 사용해야만 하는 경우 피부과민성이 약한 제품의 개발을 촉진하기 위해 혼합제품의 피부 감작능을 계산할 수 있는 EIS(Epoxy Information System)을 독일에서 개발하였다. 이 도구를 이용하여 조선소 현장에서 사용하는 주제 및 경화제의 조합에 대해 '용제형 도료'와 '무용제형 도료'의 평가점수 및 등급을 계산하였다.

무용제 도료의 경우 4개 사업장의 주제 7종, 경화제 8종에 대하여 총 11가지 조합을 대상으로 평가하였다. 각 조합의 주제 및 경화제에 대한 평가 점수 및 등급은 오른쪽 표와 같다. 주제에 대한 피부 과민성 계산 결과는 1종(500점)을 제외하고 600~658점으로 비슷하였으나 경화제의 경우는 성분에 따라 10~3,500점으로 차이가 큰 것을 확인할 수 있었다. 그리고 각 주제와 경화제의 혼합 비율을 적용하여 제품에 대한 통합 평가를 실시한 결과는 449~940점으로 최종 Ⅲ에서 Ⅴ 등급 사이에 분포하였다.

[표1] 무용제 도료의 피부 과민성 지수 평가 결과

조합	주제	경화제	주제점수	경화제점수	혼합비율	혼합시 점수	최종등급
C01	A-m-1	A-h-1	658	443	3:1	635	Ⅳ
C02	A-m-1	A-h-2	658	1,345	3:1	661	Ⅳ
C03	A-m-1	A-h-3	658	672	3:1	638	Ⅳ
C04	A-m-2	A-h-1	658	443	3:1	635	Ⅳ
C05	A-m-2	A-h-2	658	1,345	3:1	661	Ⅳ
C06	A-m-2	A-h-3	658	672	3:1	638	Ⅳ
C07	B-m-1	B-h-1	625	300	2.5:1	604	Ⅳ
C08	C-m-1	C-h-1	600	10	2.9:1	449	Ⅲ
C09	C-m-2	C-h-2	625	50	2.7:1	561	Ⅲ
C10	D-m-1	D-h-1	500	1,564	8:2	468	Ⅲ
C11	D-m-2	D-h-2	625	3,500	8:2	940	Ⅴ

※ 각 평가점수는 제품 내 과민성(고,중) 성분 함유량, 부식성 성분 함유량에 따라 가산식에 의하여 결정[부록 4 참조]
· 과민성(고) 가중치: 1,500, 과민성(중) 가중치: 500(한계:~40%), 과민성 함유량(40%) 초과분 가중치: 250
· 부식성(10% 이상 함유량) 승수: 10

기존 용제형 도료에 대해서도 피부 과민성 지수 평가를 수행하였다. 4개 사업장의 주제 4종, 경화제 5종에 대하여 총 5가지 조합을 대상으로 평가하였다. 각 조합의 주제 및 경화제에 대한 평가 점수 및 등급은 [표2]와 같다. 전반적으로 무용제 도료에 비해 피부 과민성 평가 등급이 낮음(Ⅰ~Ⅳ)을 확인할 수 있었다. 다만 비교적 낮은 점수에 해당하는 일부 주제의 경우(* 표시) Bisphenol A형 수지가 14~30%까지 포함되어 있었는데, 해당 성분은 내·외부 자료에서 피부 과민성 구분으로 확인되지 않아 비록 본 평가에서는 반영하지 않았으나 피부 과민성이 있는 것으로 추정된다. 용제형 도료의 경우도 경화제에서 과민성 점수의 차이가 큰 것을 확인할 수 있었다. 그러나 본 평가는 사업장에서 제출한 자료에 기반하고 있어 구성성분 정보에 영업비밀 성분이 여전히 포함되어 있다는 점, 일부 함유량이 100% 미만이라는 점, 함유량의 범위에 따라 최대값을 적용하였다는 점을 고려할 필요가 있다.

[표2] 용제 도료의 피부 과민성 지수 평가 결과

조합	주제	경화제	주제점수	경화제점수	혼합비율	혼합시 점수	최종등급
C21	A-m-3	A-h-4	330*	610	4:1	317	Ⅱ
C22	A-m-3	A-h-5	330*	1,038	4:1	347	Ⅱ
C23	B-m-2	B-h-2	603	15	3:1	465	Ⅲ
C24	C-m-3	C-h-3	638	40	3:1	607	Ⅳ
C25	D-m-3	D-h-3	0*	625	79:21	137	Ⅰ

※ 각 평가점수는 제품 내 과민성(고,중) 성분 함유량, 부식성 성분 함유량에 따라 가산식에 의하여 결정[부록 4 참조]
· 과민성(고) 가중치: 1,500, 과민성(중) 가중치: 500(한계:~40%), 과민성 함유량(40%) 초과분 가중치: 250
· 부식성(10% 이상 함유량) 승수: 10
* 피부 과민성으로 추정되는 성분을 포함하고 있으나, 객관적인 유해성 자료 확보 불가로 평가에 미포함

혼합 제품의 피부 감작능을 평가하기 위한 이 도구에서의 최종 점수는 개별 구성성분의 피부 과민성 평가 결과(HS, GMS), 혼합 제품 내 과민성 성분의 농도, 피부 장벽을 손상시키거나 피부 투과를 증가시키는 요소 등을 가중치로 고려하여 총 과민성 영향으로 결정된다. 정량적인 숫자로 제시되는 평가점수는 오해의 소지가 있기 때문에 최종 점수는 Ⅰ에서 Ⅵ까지의 위험 등급으로 변환된다. 즉 평가에 따른 최종 점수가 서로 다른 위험 등급에 속하거나 200이상의 차이가 나는 경우는 중요한 차이로 볼 수 있으며, 위험 등급이 낮을수록 피부 감작능에 대한 우려가 적음을 의미한다. 즉 위험 등급이 높은 경우에 대한 추가 조사가 필요하며, 필요시 대체의 한 요소로서 고려할 수 있을 것이다. 하지만 해당 평가 도구는 피부 감작능만을 결정하고 비교하기 위한 것으로 이를 제외한 모든 건강 혹은 물리적 유해성을 고려하여 평가하고 있지 않으므로 이 점에 유의하여 활용할 필요가 있다.

도장 작업 형태에 따른 피부 노출 평가

피부 발진은 흡입에 의한 화학물질 노출보다는 피부 노출에 의한 결과로 나타난다. 피부 노출에 대한 위험성 평가는 다양한 노출 방식(침착, 직접 방출 및 접촉, 이동), 다른 독성학적 영향(전신영향, 국소영향, 과민성) 등에 의하여 유해성 및 노출 관점에서도 굉장히 복잡한 구조를 이루고 있다. 이에 따라 여러 평가 모델이 있지만 그 적용 범위는 제한적이다. 모델의 검증이 어려운 이유 중 하나는 피부 노출을 측정할 수 있는 표준화된 방법이 없기 때문이다. 특히 본 조사에서 중점을 두고 있는 피부 과민성의 영역은 일반적으로 물질의 농도, 노출 기간, 흡수 정도, 접촉 빈도 등에 따라 영향을 받는다. 이러한 피부 과민성에 한정하여 위험성 평가를 할 수 있는 방법 중 하나로 QRA(quantitative risk assessment)가 있으나, 아직 충분히 검증되지 않아 규제의 목적으로 활용되기에는 이르다. 이에 따라 본 조사에서는 과민성에 한정하지 않고 피부 노출을 추정할 수 있는 평가 모델을 활용하여 작업 형태 및 기타 요인에 따른 피부 노출을 확인하고자 하였다. 현장 조사를 통하여 노출 평가 모델인 RISKOFDERM의 주요 변수와 작업 형태에 따른 손, 신체 피부 노출 추정량을 확인한 결과는 다음과 같다.

[표3] 용제 도료의 피부 과민성 지수 평가 결과

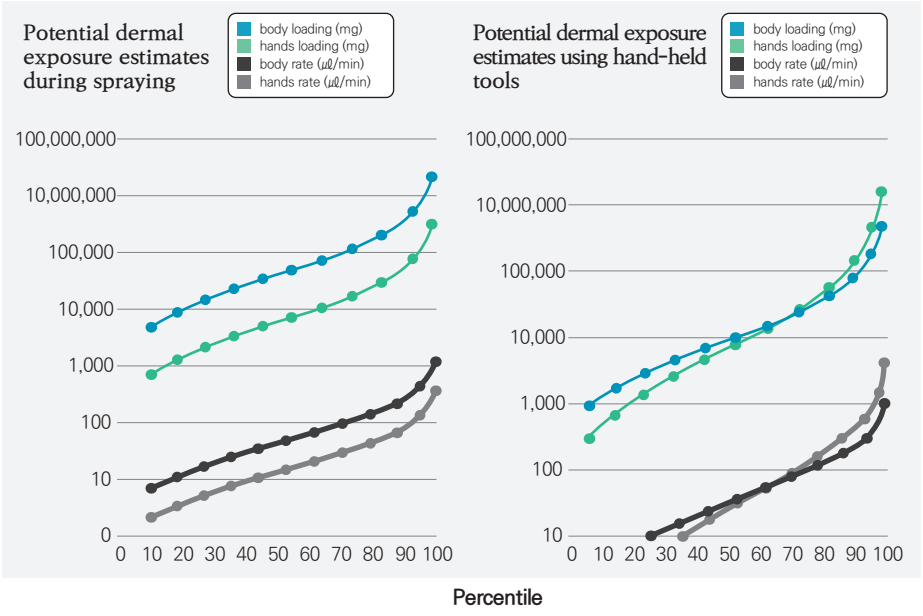
주요변수	내용
피부노출 작업형태	스프레이 작업
- 작업장소	실내
- 작업방향	동등 높이(평균적)
- 기류방향	명확하지 않음
- 오염원에서 분리여부	분리되지 않음
- 작업자 위치	오염원으로부터 1m 이내
- 휘발성 여부	높지 않음
- 취급제품 성상	점성있는 액체
- 분당 사용량	1.5L/min
- 1일 작업시간	3~4시간

주요변수	내용
피부노출 작업형태	롤러, 브러쉬 작업
- 작업방향	동등 높이(평균적)
- 취급제품 성상	점성있는 액체
- 분당 사용량	0.05L/min
- 사용 도구	길이 30㎝ 이내 도구 활용
- 1일 작업시간	3~4시간

[표4] 도장부의 무용제 도료 작업 형태에 따른 피부 노출 추정량

구분	스프레이 작업	롤러, 브러쉬 작업
피부 노출 추정량 (㎕/min)	(손) 27.8 (전신) 145	(손) 27.1 (전신) 36.2
1일 작업시간 중 피부 노출 추정량(㎕)	(손) 6,680 (전신) 34,800	(손) 6,490 (전신) 8,690

결과



* 50 percentile에 대한 추정량으로서, 90 percentile까지의 범위는 다음과 같음
(스프레이 작업) 손 27.8~277㎕/min, 전신 145~1,440㎕/min
(롤러, 브러쉬 작업) 손 27.1~598㎕/min, 전신 36.2~352㎕/min

노출 모델에 따른 피부 노출 추정량(50 percentile)은 스프레이 작업의 경우 분당 손을 기준으로 27.8㎕, 전신을 기준으로 145㎕이었으며, 터치업 작업자의 롤러, 브러쉬 작업의 경우 분당 손 27.1㎕, 전신 36.2㎕로 작업 형태와 노출 부위에 따라 노출의 차이를 확인할 수 있었다. 아울러 위의 그래프에서 확인할 수 있듯이 작업 형태별로 percentile 증가에 따른 노출 양상이 달라짐을 확인할 수 있었다. 해당 모델을 이용하여 분당 피부 노출량과 작업시간에 따른 총 피부 노출량을 추정할 수 있으나, 보호복 및 보호장갑에 따른 노출 저감 효과는 모델 밖에서 고려해야 한다. 이를 위해 노출 평가 시 고려하는 보호장비의 보호 계수를 조사한 결과는 다음과 같다.

[표5] 보호복 및 보호장갑의 초기 보호 계수

구분	초기 보호 계수(%)	비고
보호장갑 혹은 보호복 없음	0	-
이중 보호복	99	방오제 스프레이 작업 시 이중 보호복 착용, 외부 보호복의 경우 내화학성 보호복
불침투성 보호복	95	중작업(분당 200㎎ 이상 취급) 시
내화학성 보호복	80~90	경작업(분당 200㎎ 미만 취급, 예를 들어 스프레이 작업) 시 80, 직접 접촉(예를 들어 목재 보존 처리 작업에서의 목재 보존제 접촉 정도) 시 90
일반 보호복	75	건조 물질에만 적용, 면 보호복의 경우 젖은 물질에는 거의 보호 효과가 없음
보호장갑	90~95	고상의 경우 95, 액상의 경우 90
보호장갑(작업마다 새것 착용)	95	새 보호장갑 착용 시 약 50% 노출 감소 효과
보호장갑 미착용, 긴 소매 등의 의복 착용	50	건조 물질 취급 작업자(비전문가)에게 적용되는 일반 보호계수, 경작업에 적용 가능

* 출처: EC HEEG opinion Default protection factors for protective clothing and gloves

조선소 도료 사용 현장 조사

(1) 화학물질 유해성 이해 부족으로 인한 자체 조사 오류

피부발진과 관련한 유해성은 피부 부식성/자극성과 피부 과민성이 있었으나, 조사 시점까지 사업장에서는 피부 부식성/자극성 유해성 관점에서만 조사를 하였다. 피부 자극성 물질이 함유된 연혁을 조사하여, 극하절기에만 사용한 제품의 구성성분이었던 테트라에틸렌펜타민을 원인 물질로 추정하였다. 사업장과 도료 제조사에서의 이러한 결론으로 보아 "피부 과민성"에 대한 이해가 없었던 것으로 보이며, 이에 따라 "피부 과민성" 유해성이 조사에서 전혀 고려되지 않았다.

(2) MSDS 교육의 비효과성

MSDS 교육의 목적은 화학물질 취급자가 화학물질 유해성을 인지하고, 안전하게 취급하는 방법을 알게 하는 것이다. 사업장에서는 MSDS 교육을 실시하고 있었으나, 근로자나 현장관리자는 취급하는 제품의 유해성과 유해성에 따른 화학물질의 올바른 취급방법을 인지하지 못하고 있었다.

(3) 대체 화학물질에 대한 평가 부족

조선소에서 용제형에서 무용제 도료로 전환하면서 무용제 도료의 장점, 휘발성 유기화합물의 함유량이 50 g/L로서 대기오염물질 배출을 근본적으로 저감하고, 인화성이 없어서 안전하다고 강조하였다. 이러한 평가는 무용제 도료의 건강 유해성을 간과한 것이었고, 피부 자극성, 피부 과민성, 생식독성 등의 유해성이 여전히 있음에도 무용제 도료에 대한 관리 필요성이 전혀 제기되지 않았다. 또, 실제 작업을 하는 노동자와 화학물질 대체에 대한 의사소통을 충분히 하지 않았다.

(4) 도급 작업으로 이루어지는 도장 작업에 대한 건강 문제점 파악 미비

조선소에서 실제 도장 작업자는 주로 협력업체가 하는 체계로, 화학물질 노출에 따른 건강문제가 발견되기 어려운 구조이다. 용제형 도료를 사용했을 때도 현장에서는 피부발진자가 있었음을 이번 조사에서 여러 증언으로 확인하였다.

(5) 화학물질 접촉에 의한 피부 노출 관리 대책 부족

인체에 화학물질이 유입되는 노출 경로는 경구, 흡입, 피부 3가지이다. 그간 용제형 도료를 사용해 왔지만, 사실상 흡입 노출 측면에서만 관리가 이뤄졌다. 용제형 도료 역시 도장 작업을 하면서 에어로졸이 피부에 접촉할 수도 있고, 오염된 표면에 피부가 접촉하여 피부 노출이 발생할 수 있었다. 조선소에서는 전반적으로 피부노출에 대한 관리 대책이 부족했다. 접촉에 의한 피부발진자 발생 이후에 면장갑 대신 내화학장갑과 내화학보호복을 지급하고 있다. 현재 접촉에 의한 화학물질 노출관리는 주로 이러한 보호구 지급으로 이루어지고 있다. 그러나 피부발진자 발생 이후에도 내화학장갑과 내화학보호복 착용의 어려움 때문에 작업 현장에서 보호구 착용이 원활하지 않은 경우도 있다.

조선소와 정부에 바라는 제언

본 조사는 조선소에서 발생한 집단적인 피부발진이 대체한 도료와 관련이 있는지를 살펴보기 위해 수행되었다. 본 조사 범위에 의학적 진단이 포함되지 않아 '무용제형'의 선박 방청용 에폭시 수지 도료와 피부 발진의 명확한 인과성을 밝히기는 어려우나 자료 분석과 도장 작업을 확인한 결과 발생한 피부발진이 사용한 도료와 연관이 있음을 확인할 수 있었다. 국내 업무상 질병 중 피부질환에 대한 관심이 낮아 이에 대한 관리가 미흡하였으나 앞으로 에폭시 수지 도료에 의한 피부질환 예방을 위한 조선소 및 정부의 노력이 필요하다.

참고 문헌

⋯› 2020산업안전보건연구원. 선박 방청용 에폭시 도료의 안전성 검토. 2021.5 (내부보고서)

OSH

RI:

VIE

IW

OSHRI : Now

01. 포스트코로나, 안전보건전망과 연구과제 포럼 개최

02. 물질안전보건자료시스템, KMS로 새단장

03. 위험성연구부, 화재·폭발 사고사례 원인분석 보고서 발간

04. 역학조사부, 포스코 직업성 암 논란 관련 역학조사 착수

05. 연구원 실험장비 공유서비스 제공

OSHRI:Now는 산업안전보건연구원 동정 및 현안을 전달하는 섹션입니다.

포스트코로나, 산업안전보건전망과 연구과제 종합포럼 개최(21.5.27)

포스트코로나, 안전보건전망과 연구과제 포럼 개최

연구원은 재택근무 확산, 재택근무 확산, 플랫폼 산업 확대, 필수노동자 등 안전보건 취약계층 증가 등 코로나 이후 변화한 산업 환경을 전망하는 토론의 장을 마련하는 「포스트코로나, 안전보건전망과 연구과제 포럼」를 개최했다.

본 포럼은 2021년 4월 총 5회에 거쳐 릴레이 형식으로 개최되었으며, 이를 종합하는 최종포럼을 5월 27일 개최하여 성대한 막을 내렸다.

포럼 주제는 포스트코로나 시대의 안전보건 4대 이슈인 ① 재택근무 확산, ② 플랫폼 노동자 등 안전보건 사각지대 노동자의 직업건강, ③ 고용환경변화, ④ 사망사고 예방 등으로, 한국비교노동법학회, 한국안전학회, 한국산업보건학회, 대한직업환경의학회와 전국민주노동조합총연맹 등의 단체 관계자가 참여했다. 연구원은 토론에서 중점적으로 논의된 사안에 대하여 추후 연구 주제로 삼고 해결방안을 모색하기 위한 연구 계획을 수립할 방침이다.

그간의 포럼은 연구원 유튜브 계정(채널명:산업안전보건연구원)을 통해 시청할 수 있으며, 연구원 홈페이지에서 자료집을 다운로드 받을 수 있다.

※ 좌측의 QR코드를 통해 '포스트코로나, 안전보건전망과 연구과제 포럼'에 대한 자료집을 다운로드 받으실 수 있습니다.

KMS(물질안전보건자료 시스템) 홈페이지

물리적위험성 평가 보고서

물질안전보건자료시스템, KMS로 새단장

연구원 화학물질연구센터에서는 물질안전보건자료(MSDS) 시스템의 명칭을 KMS(Korea MSDS System)으로 변경하여 새롭게 구성된 홈페이지 운영을 개시했다. 새단장한 MSDS 시스템은 2021년 1월 16일 개정된 「산업안전보건법 시행규칙」 제157조에 따라 구축됐다.

KMS에서는 법적 의무 사항인 화학물질의 MSDS 제출 및 비공개 신청 외에도 MSDS 작성 및 제공 등 다양한 기능을 지원하여 사용자 활용성과 편의성을 높이고자 했다. 특히, MSDS 작성 기능을 통하여 혼합물 MSDS 작성 시 소요 시간을 단축시켜 업무 효율성을 높이고, 사업장별 제품 및 관련 데이터를 통합적으로 관리할 수 있다는 장점이 있다.

※ 좌측의 QR코드를 통해 'KMS(물질안전보건자료 시스템) 홈페이지'에 접속하실 수 있습니다.

위험성연구부, 화재·폭발 사고사례 원인분석 보고서 발간

연구원 산업안전연구실 위험성연구부는 지난해 산업현장에서 발생한 대표적인 화재·폭발 사고를 바탕으로 원인을 분석한 「화학물질의 물리적·위험성 평가 보고서」 4종을 발간했다.

이번에 발간된 보고서는 2020년 울산 및 경기도 등에서 발생한 폐수, 농약 및 페인트 원료물질 등으로 인한 화재·폭발 사고를 분석한 것으로, 사고원인물질의 연소특성 및 분진폭발 가능성을 평가하고, 인화점·발화점 분석, 동종사고 현황 및 예방대책을 비롯하여 제도적 개선점까지 담았다.

※ 연구원 홈페이지 → 전문사업 → 화학물질 시험평가 → 화학물질 물리적위험성 시험평가 → 화학물질 시험평가 보고서 참조

※ 좌측의 QR코드를 통해 '화학물질 시험평가 보고서'에 대한 내용을 게시판을 통해 확인하실 수 있습니다.

㈜포스코 집단역학조사 수행을 위한 관계자 회의 (21.4.27.)

역학조사부, 포스코 직업성 암 논란 관련 역학조사 착수

연구원 직업건강연구실 역학조사부에서는 최근 직업성 암 관련 논란이 일고 있는 ㈜포스코 및 그 협력업체 등 철강제조업을 대상으로 집단 역학조사를 실시하고 있다.

이번 집단 역학조사는 산업안전보건법에서 정하는 역학조사 실시요건인 '직업성 질환의 진단 및 예방, 발생 원인의 규명을 위하여 필요'하다고 인정된 바, 역학조사평가위원회*의 심의를 거쳐 실시하는 것이다.

** 역학조사평가위원회 : 연구원의 역학조사 계획 및 결과에 대한 심의기구로, 의학, 위생 등 관련분야 전문가 30인이 심의위원으로 구성되어 있다.*

이번 집단 역학조사는 공단 산업안전보건연구원(이하 '연구원'이라 함)에서 '21년부터 '23년까지 3년간 진행된다. 조사대상은 협력업체를 포함한 ㈜포스코 제철소 소속 근로자 및 1차 철강제조업에 종사하는 근로자이고, 조사인력은 직업환경의학전문의 및 예방의학전문의, 산업위생전문가 등 공단 소속의 박사(급) 연구원 17명이 투입되며, 조사내용은 암 등 직업성 질환 발병 위험도 추정과 정밀작업환경측정 및 평가로, 크게 두 분야로 나뉘어서 진행된다. 암 등 직업성 질환 발병 위험도 추정은 고용보험 가입내역과 인사자료를 국민건강보험자료 및 국가암등록자료와 연계하여 질환 발병 위험도가 높은지 평가가 이루어질 예정이고, 정밀작업환경측정 및 평가는 현재 작업환경 중 유해요인 발생수준을 측정·평가한 후 과거 노출실태 및 개별 역학조사 자료 등을 검토하여 과거와 현재의 작업환경을 비교하는 방식으로 진행될 예정이다.

철강제조업의 직업성 암 발생과 관련하여 2020년 12월부터 일부 시민단체 및 노동단체에서 집단 산재신청 및 전수조사 등을 촉구해 오고 있으며, 2021년 2월 22일 개최된 국회 산재청문회에서도 ㈜포스코의 건강실태 및 직업환경에 대한 조사가 요구된 바 있다.

역학조사 결과는 직업성 질환 유발물질 파악 및 질환예방을 위한 제도개선과 제철업 종사 근로자들의 산업재해 인정 등 보상 근거로 활용되며, 제철업 근로자들의 작업환경 개선방안 마련에도 활용된다.

연구원 보유의 원소탄소분석기, 투과전자현미경(TEM)

연구원 실험장비 공유서비스 제공

안전보건연구 선도 기관으로서의 사회적 가치를 실현하고자 연구원이 보유한 정밀분석장비 등 실험장비를 일정기간 무료로 개방합니다. 공유서비스를 희망하는 기관은 아래 사항을 참고하시어 신청하시기 바랍니다.

이용기간	2021.7.1. ~ 11.30.
이용방법	유선으로 담당자와 사전협의 후 연구원을 직접 방문하여 장비 사용 ***소재지 : 울산광역시 중구 종가로 400 연구원동***
제공자원	원소탄소분석기, 투과전자현미경(TEM), 박막X선형광분석기(t-XRF), 천평, 광학현미경, 자외부가시부흡광광도계 및 연구원 개방 가능한 설비 등
희망기관	중소기업, 학교, 연구기관 등(울산광역시 소재기관 우대)
이용제한	영리목적 수탁시료, 오염예상 시료, 작업환경측정시료, 연구원 발주 연구과제 관련시료 등
담 당 자	산업안전보건연구원 연구기획부 강민호 차장 (직통전화 : 052-703-0813 / 이메일 : briliant@kosha.or.kr)

바닷바람
시원한 울산

〈낭만이 가득한 바닷길 걷기〉

슬도에서 대왕암공원까지 이어지는 해안둘레길을 걸으며 힐링하는 낭만동행 슬도바다길 투어.
아름다운 해안의 절경이 파노라마로 펼쳐지는 곳에서 지친 일상을 잠시 잊고 동해의 푸르름을 만끽해 보자.

낭만동행 슬도바다길 투어는 낭만이 가득한 슬도의 일몰을 감상하며 야간 걷기를 체험할 수 있다.
해안둘레길 따라 대왕암공원으로 이어져 일산해수욕장에서 일정을 마무리하는 당일코스와,
슬도바다길을 한 걸음 더 깊이 들여다보고 주전몽돌해변에서 시원한 바람을 맞으며 마무리하는
1박 2일 코스로 운영할 예정이다.

※ 슬도 낭만포차는 현재 미운영, 올 7~11월 야간걷기 '낭만동행 슬도바다길 투어' 상품 실시예정

또한, 매년 7월 실시하는 울산조선해양축제 대표 킬러콘텐츠인
'나이트런'은 관광객 700여명이 참여하여 야간에 대왕암 둘레길을 달리는 대규모 행사다.
올해는 언택트 행사로 구성하여 GPS를 기반으로 측정 가능한 러닝 앱을 통해 레이스에 참여할 수 있다.

슬도바다길에는 송림과 어우러진 바다의 경계에 위치하여 수려한 경치와 함께
캠핑을 즐길 수 있는 오토캠핑장, 아이와 함께하기 좋은 친환경 놀이터 대왕별아이누리, 용놀이터,
미로원에서 가족과 함께 즐거운 한 때를 보낼 수 있다.

〈신비로운 설화, 대왕암 공원〉

우리나라 동남단 가장 뾰족하게 나온 끝 지점 위치한 공원인 대왕암 공원은 연중 1월을 제외한
11개월간 육지에서 가장 먼저 해를 만날 수 있는 곳이다.
일제강점기, 일제 군사시설 은폐를 위해 심은 소나무는 현재 100여년의 역사를 가진
1만 5천여그루 아름드리 해송과 곰솔 군락을 형성하고 있다.
신라 문무대왕의 왕비가 죽어 나라를 지키는 호국용이 되어 바위섬 아래에 잠겼다는 설화가
신비함을 더 하는 대왕암에는 육지를 바위와 다리로 연결하여 대왕암 위에서 바다절경을 감상할 수 있다.
대왕암공원 내에 울산 최초 공공운영 증강·가상현실 AR체험존을 조성했고,
스마트폰 및 ICT기술 활용한 다양한 관광콘텐츠가 방문객을 사로잡는다.

생태관광지 명성답게 곳곳에 고양이가족 살고 있는 대왕암 해맞이 광장은 최근 예능프로그램에도
도심 속 힐링성지로 방송이 잦아 울산 시민 및 관광객의 발길이 늘고 있다.

대왕암 공원은 24시간 개방형 관광지로 봄에는 유채꽃밭, 여름은 맥문동과 수국,
가을 해안둘레길을 따라 억새군락을 장관을 이뤄 인생샷 성지라 불리며, 겨울에 동백이 즐비하다.
또한 세계최대 조선소인 현대중공업이 인근에 위치해 있어 산업관광지로 뛰어난 접근성을 자랑한다.

대왕암공원은 울산을 대표 하는 관광지로 인정받아 17-18, 21-22년 '한국관광100선',
20년 '야간관광100선'에 선정된 바 있다.

MEMO

MEMO

안전은 권리입니다

산업재해예방
안전보건공단
산업안전보건연구원

2022년도

산업안전보건 연구과제 공모

안전보건공단 산업안전보건연구원은 산업재해예방 및 노동자의 안전과 건강증진·보호에 기여할 수 있는 수요자 중심의 연구과제를 공모하오니 많은 참여를 바랍니다.

공모기간

2021. **7. 1.**(목)~ **10. 1.**(금)

제안분야

안전보건정책·제도 및 산업안전보건 일반

예시 사고사망감축, 포스트 코로나 시대의 안전보건, 중대재해처벌법, 직업성 암 등 사회적 이슈 해결 등

공모대상

안전보건에 관심있는 대한민국 국민(제한없음)

공모방법

제안서 양식을 다운받아 담당자에게 이메일 또는 팩스, 우편으로 송부

- 제안서양식 : 연구원 홈페이지(http://oshri.kosha.or.kr) 공지사항에서 다운로드
- 이메일 : kosha3104@kosha.or.kr
- 팩스 : 052-703-0331
- 우편 : (44429) 울산광역시 중구 종가로 400 안전보건공단 산업안전보건연구원 연구기획부 연구과제 공모 담당자

결과발표

2022년 1월 중 홈페이지 공지

기타사항

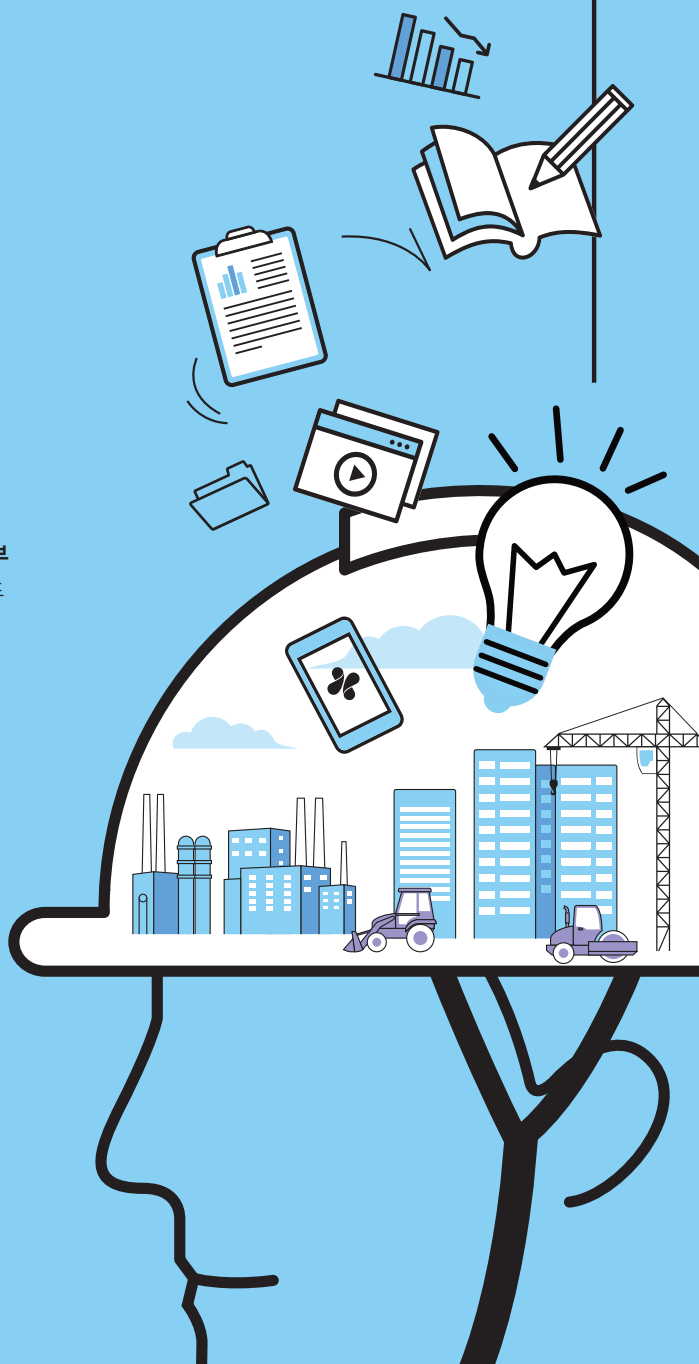
- 접수된 연구과제는 2021년 11월 중 연구과제 선정위원회 심사를 거쳐 2022년 연구과제로 결정
- 선정된 연구과제의 제안자가 위탁연구 수행자로 입찰 응모 시 가산점 부여 예정
- 공모 참가자 전원에게 소정의 사은품 증정

문의처

산업안전보건연구원 연구기획부 담당자

052-703-0814 kosha3104@kosha.or.kr

※ 자세한 내용은 홈페이지 참조



OPEN
출처표시
상업용금지
공공누리
공공저작물 자유이용허락

ISSN 2799-6166

독자 의견 설문조사

원고 모집 안내

표지

사용 후 고지(재생지)
30%를 함유한
인스퍼에코 222g/㎡

내지

사용 후 고지(재생지)
30%를 함유한
인스퍼에코 112g/㎡

환경보호를 위해
친환경용지를
사용하였습니다.

친환경
환경부