

# OSH

# Ri:

## OSHRI:VIEW

보다 나은 미래,  
연구로 보다

### 미래 안전보건 이슈 선제적 대응

#### OSHRI:Issue

스마트팩토리 현황 및 산업재해 분석

스마트 모니터링, 디지털 트윈 기반 안전보건관리시스템 적용 방안

로봇과 인간의 공존, 어떻게 안전을 확보할 것인가?

#### OSHRI:Practice

고객 등 제3자의 폭언 등에 의한 건강 보호범위 해석지침 개발

국내 보급형 수동식시료채취기 개발

## OSHRI:VIEW<sup>는</sup>

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

이번호 책자의 표지는 주황색과 노란색으로 선정하였습니다. 주황은 가을의 충만함을 느끼게 해주는 동시에 색들 중 단연 돋보이는 색으로 이목을 집중시키는 색입니다. 여러 색들 사이에서 주황색이 주는 강한 존재감처럼 산재예방분야의 해결책을 제시하는 독보적인 위상을 갖춘, 근로자의 안전보건을 뒷받침해 주는 든든한 연구기관으로 자리매김해 나가겠습니다.

## OSHRI:VIEW [Vol.16 No.3 (통권90호)]

|         |                                                                                                                                                                                                                           |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 발 간 번 호 | 2022-산업안전보건연구원-494                                                                                                                                                                                                        |
| 발행연월일   | 2022년 09월 30일                                                                                                                                                                                                             |
| 발 행 처   | 산업안전보건연구원                                                                                                                                                                                                                 |
| 발 행 인   | 김은아 연구원장                                                                                                                                                                                                                  |
| 편집위원장   | 김은아 연구원장                                                                                                                                                                                                                  |
| 편 집 위 원 | 안전보건연구원 안전보건정책연구실 김형석 실장<br>안전보건연구원 산업안전연구실 강정훈 실장(직무대리)<br>안전보건연구원 직업건강연구실 이상길 실장<br>안전보건연구원 직업환경연구실 이영석 실장<br>안전보건연구원 산업화학연구실 김진현 실장<br>안전보건공단 산업안전본부 유영수 부장<br>고용노동부 산업안전보건정책과 최재윤 서기관<br>부경대학교 오창보 교수<br>가천대학교 함승현 교수 |
| 실 무 위 원 | 안전보건연구원 정책제도연구부 김명준 부장<br>안전보건연구원 산업안전연구부 변정환 연구위원<br>안전보건연구원 역학조사부 이지혜 부장<br>안전보건연구원 직업환경연구실 김성호 차장<br>안전보건연구원 화학물질평가1부 박수옥 부장<br>안전보건연구원 흡입독성시험1부 김현옥 부장                                                                |
| 담 당     | 연구기획부 박현희 부장, 이혜실 차장, 김이슬 대리                                                                                                                                                                                              |
| 문 의     | 052-703-0816                                                                                                                                                                                                              |
| 주 소     | 울산 중구 중가로 400 산업안전보건연구원                                                                                                                                                                                                   |
| 편집디자인   | 엔프레임 주식회사                                                                                                                                                                                                                 |
| 인 쇄     | 한결엠                                                                                                                                                                                                                       |

\* 본지에 실린 사진과 삽화, 원고는 저작권법의 보호를 받습니다.





## 차 례

|                                               |    |
|-----------------------------------------------|----|
| Prologue   안전보건 패러다임을 선도하는 산업안전보건 연구분야의 퍼스트무버 | 04 |
|-----------------------------------------------|----|

### OSHRI : Issue

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| 스마트팩토리 현황 및 산업재해 분석                 | 08 |
| 스마트 모니터링, 디지털 트윈 기반 안전보건관리시스템 적용 방안 | 24 |
| 로봇과 인간의 공존, 어떻게 안전을 확보할 것인가?        | 38 |

### OSHRI : Practice

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| 고객 등 제3자의 폭언 등에 의한 건강 보호범위 해석지침 개발 | 54 |
| 국내 보급형 수동식시료채취기 개발                 | 60 |

### OSHRI : Brief

|                                        |    |
|----------------------------------------|----|
| 재난 발생 시 「산업안전보건법상」 근로자 보호방안 연구         | 68 |
| 택배기사 적정 근로시간에 관한 연구                    | 76 |
| 직종별 건강진단 도입 방안 마련-택배, 건설업              | 82 |
| 금속 3D 프린팅 사업장의 나노입자 등 유해인자 노출특성에 대한 연구 | 86 |

### OSHRI : Now

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 2022년 OSHRI 우수대회 개최            | 92 |
| 2022년 산업안전보건연구원 Zip中(집중) 교육 진행 | 93 |
| 건설안전 선진화를 위한 안전혁신 포럼 개최        | 94 |
| 말레이시아 산업안전보건 컨퍼런스 참가           | 95 |
| 한국산업보건학회 참가                    | 95 |

# Prologue





## “안전보건 패러다임을 선도하는 산업안전보건 연구분야의 퍼스트무버”

산업안전보건연구원은 급변하는 산업현장 속에서 연구로써 근로자의 생명과 건강을 보호하기 위해 노력해왔습니다. 안전의 사각지대에서 근로자를 보호하기 위한 종합적인 유해·위험성 연구를 수행해나가며, 사회적 현안을 해결하는 적시성, 산업현장의 문제점을 개선하는 현장지향성을 항상 연구에 담아내고자 하였습니다.

현재 근로자들은 코로나19라는 예상하지 못했던 팬데믹 상황, 급격하게 발전하는 IT기술의 한가운데서 새로운 근로환경을 마주하고 있습니다. 그 중 정보기술 영향력 확대의 결과로 나타난 '스마트공장'은 인공지능, IOT 등 신기술 결합의 결과로, 기존에 존재하지 않았던 새로운 유형의 유해·위험요인들을 만들어 내고 있습니다. 이를 대비하기 위해 이번호에서는 스마트공장 전반에 도입되고 있는 산업기술의 유해·위험성을 진단해보고자 합니다. 그리고 이번호 주제는 국정과제인 '산재예방 인프라 혁신'과 일맥상통하는 부분이기도 합니다. 안전장치 및 설비를 구축하기에 앞서 산재를 예방하기 위한 신기술인 디지털 트윈, 협동로봇 등 '스마트안전보건기술'의 현재를 살펴봄으로써 미래 환경변화를 선제적으로 대응하는 미래지향적 연구를 준비하도록 하겠습니다.

근로자에게 도래한 위험을 예측하고 대비하며, 변화를 감지하는 민감함에 통찰력을 더하겠습니다. 앞으로도 이를 연구와 접목하여 산업안전 패러다임을 선도할 수 있는 연구를 해나가도록 하겠습니다.



# OSHRI : Issue

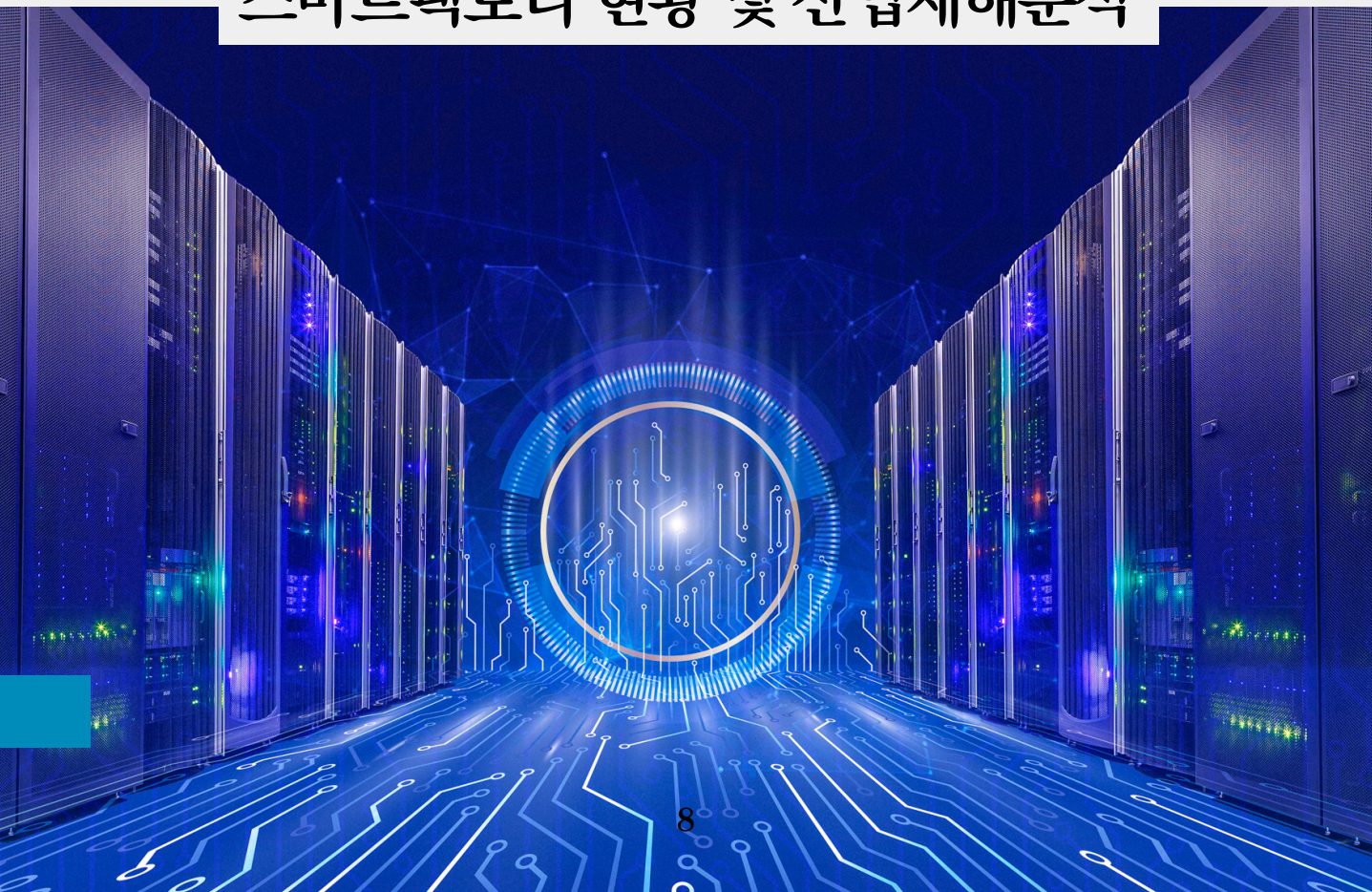
- 01. 스마트팩토리 현황 및 산업재해 분석
- 02. 스마트 모니터링, 디지털 트윈 기반  
안전보건관리시스템 적용 방안
- 03. 로봇과 인간의 공존, 어떻게 안전을 확보할 것인가?

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





## 스마트팩토리 현황 및 산업재해분석

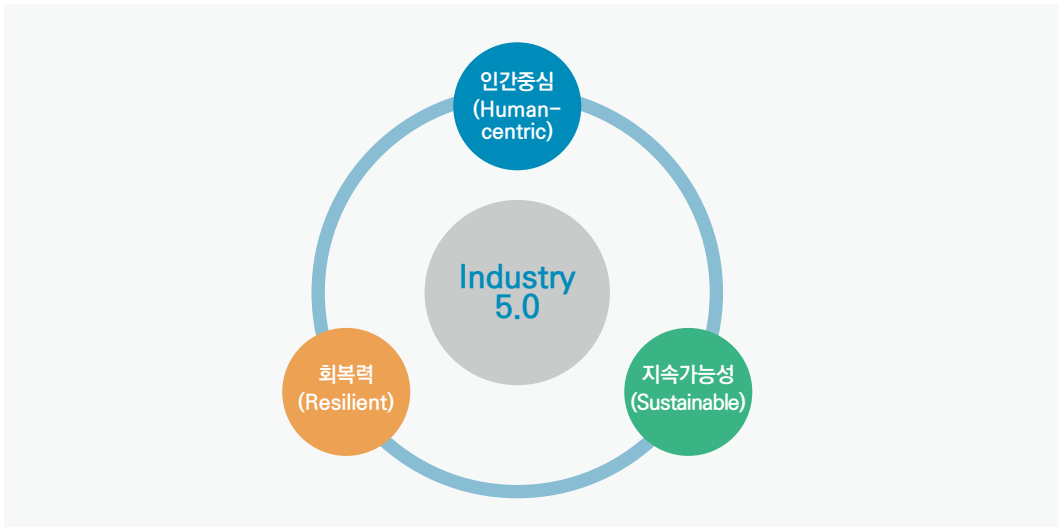


## 주요 내용 요약

- | 2021년 이후 국내 스마트팩토리 시장 규모는 디지털 혁명에 따른 제조 솔루션의 고도화, 첨단기술 보유 전자산업의 포진, 정부의 인공지능·스마트팩토리 관련 정책 등으로 연평균 성장률이 상대적으로 증가할 것으로 예상됨. 우리나라의 스마트팩토리 도입 사업장은 2021년까지 25,039개소로 정부 주도의 중소기업 혁신전략의 일환으로 스마트팩토리 지원사업을 선정하고 중소벤처기업부를 중심으로 동 사업을 추진 중에 있음.
- | 정부의 적극적인 도입과 지원정책에 따라서 중견기업을 중심으로 빠르게 구축·확산되고 있지만 생산 체계와 효율성 중심으로만 추진되고 있어 국내 스마트팩토리의 안전수준을 살펴보고자 2014년부터 2019년까지 정부지원 스마트팩토리 사업장에 대한 산업재해 현황 분석을 다양한 관점에서 실시하였음.
- | 국내 스마트팩토리 사업장의 안전수준을 살펴본 결과 20014년부터 2019년까지 정부지원 스마트팩토리사업장, 자동화설비 보유 사업장, 자동화설비를 보유한 정부지원 사업장의 차별성이 나타나기는 하였으나, 그 차이가 스마트팩토리에서 기인하는지에 대해서는 별도 연구가 필요함.
- | 또한, 전체 평균 재해율은 자동화설비를 보유한 정부지원 스마트 팩토리 사업장이 높았고, 자동화설비 보유 사업장, 정부지원 스마트팩토리 사업장 순으로 높고, 전체 평균 사고사망만인율은 역순으로 정부지원 스마트팩토리 사업장이 제일 높음. 하지만 이 부분도 업종별, 규모별 다양성이 존재하기 때문에 산업안전 수준의 지표로 고려할 수는 없다고 판단됨.
- | 스마트팩토리 사업장의 년도별 분석에서는 정부사업 지원 이후에 재해율과 사고사망만인율이 감소하거나 증가하는 추세가 모두 나타났지만, 근로자수가 감소하는 추세가 나타난 것으로 보아 스마트팩토리로 인한 생산효율성 측면은 증가되었음을 알 수 있음. 그러나 근로자수 감소에 따른 재해율 또는 사고사망만인율의 감소효과가 없다는 점을 감안한다면 위험성에 대한 추가 연구가 필요하다고 판단됨.

## I. 인더스트리 5.0<sup>1)</sup>

최근 유럽은 제조업이 글로벌 경쟁 가속화로 미래 환경에 대비하고자 도입한 생산시스템의 자동화 체계를 유연하고, 지속 가능한 인간중심으로 전환하여 추진하고자 인더스트리 5.0 개념을 강조하고 있다. 인더스트리 5.0 개념은 2011년 독일에서 시작한 인더스트리 4.0에 기초하며, 제품 생산 및 서비스의 수익 극대화를 위한 기존 개념을 확장시켜, 인간중심, 지속 가능성 및 회복력의 세 가지 핵심요소로 다음 그림 1과 같이 구성된다. 이러한 인더스트리 5.0의 범주는 ① 개별화된 인간과 기계의 상호 작용, ② 생물에서 영감을 받은 기술 및 스마트 재료, ③ 디지털 트윈 및 시뮬레이션, ④ 데이터 전송, 저장 및 분석기술, ⑤ 인공지능(AI), ⑥ 에너지 효율화 및 재생에너지 저장 기술 6가지로 분류된다.



[그림 1] 인더스트리 5.0

출처 | Industry 5.0에서 재인용

최근 10년간 인더스트리 4.0은 사회 공정성과 지속 가능성의 기본 원칙보다는 디지털화 및 AI 기반 기술에 중점을 두고 생산 효율성과 유연성을 향상시켰다. 그러나 인더스트리 5.0에서의 첫째, 인간중심 개념은 생산 효율화를 위한 새로운 기술보다는 생산 과정에서 인간중심의 접근방식을 통해 인간의 필요성과 관심에 중점을 두고, 신기술로 무엇을 생산할지 보다는 신기술이 인간을 위해 무엇을 할 수 있는지에 초점을 맞추고 있다. 즉, 산업현장의 노동자에게 빠르게 발전하는 기술의 요구에 적응하도록 요구하기 보다는 생산 과정을 노동자의 능력에 맞게 대응시키는 교육이 필요하다는 것이다.

1) 인더스트리 5.0(Industry 5.0), 산업통상자원부, 한국산업기술진흥원.



둘째, 지속 가능성 개념은 천연자원 재활용 및 폐기물 저감을 통해 환경 영향을 최소화할 수 있는 순환 프로세스를 개발하여 지구환경을 보호하는 것이며, 에너지 소비와 온실가스 배출을 감소시켜 천연자원의 고갈을 방지하고 미래 세대의 수요를 위태롭게 하지 않으면서 현재 세대의 수요를 보장해주는 것이다.

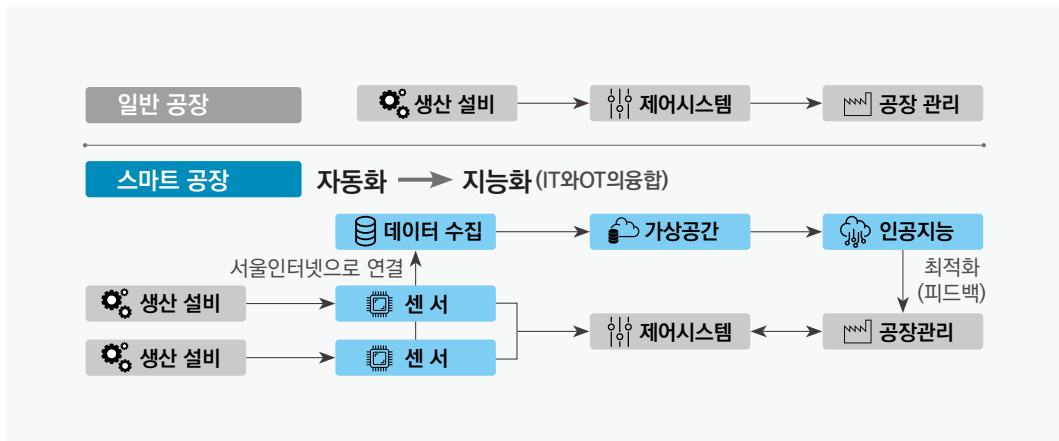
셋째, 회복력은 변화에 유연하게 대처함으로써 변동성을 최소화하는 것으로 글로벌 가치사슬과 시장은 무역전쟁, 보호무역주의 등의 정치적 변화와 코로나 팬데믹, 기후변화 등으로 인해 변동성이 지속적으로 크게 발생하고 있다. 이러한 위기 상황에서 산업 생태계의 회복력을 유지함으로써 생산 시스템 유지와 더불어 노동자가 지속적으로 안전하게 일할 수 있도록 보장할 수 있다.

인더스트리 5.0의 특징은 지속 가능성, 인간 중심 및 회복력으로, 이는 우리나라 산업현장의 경쟁력 및 미래 적응성을 확보하기 위해 반드시 필요한 요소들로, 향후 국내 스마트팩토리 사업장에서도 고려되어야 할 것이다.

## II. 스마트팩토리 특성

중소벤처기업부 스마트제조혁신단<sup>1)</sup>에서는 스마트팩토리를 제품의 기획부터 판매까지 모든 생산과정을 ICT(정보통신) 기술로 통합하여 최소 비용과 시간으로 고객 맞춤형 제품을 생산하는 사람 중심의 첨단 지능형 공장<sup>2)</sup>으로 정의하고 있다.

첫째, 스마트팩토리는 다음 그림 2와 같이 각각의 생산과정에서 센서 등을 활용하여 데이터를 수집하고 제조활동 관련 모든 정보가 실시간으로 공유되어 이를 기반으로 최적화된 생산시스템 운영을 실현한다.<sup>2)</sup>



[그림 2] 스마트팩토리 개념도

출처 | 한국인더스트리4.0 협회, 중소기업기술진흥원, 한국수출입은행/해외경제연구소 자료 재인용

1) 스마트제조혁신단 : 스마트공장 보급·확산 및 플랫폼 구축사업 수행기관

2) 이현진. 스마트공장 지원사업 주요내용 및 효과분석. 한국수출입은행, 해외경제연구소. 2022.

둘째, 스마트팩토리 생태계는 개별 스마트팩토리의 고도화 이후 원재료 공급업체, 완제품 물류업체 등 전·후방 산업 주체들이 모두 연결되어 최적화·지능화된 형태로 구성 된다.<sup>1)</sup> 즉 로봇, 센서, 네트워크를 포함한 물리적 인프라와, 인프라에서 발생한 정보를 관리하고 애플리케이션과 인프라를 연동시키는 플랫폼, 플랫폼에 저장된 데이터를 기반으로 다양 제조 실행을 담당하는 애플리케이션으로 다음 표 1과 같이 구성되며, 이를 지원하는 네트워크 보안기술이 요구되어, IoT 기반 CPS(Cyber Physical Systems)가 추가로 고려될 수 있다.<sup>2)</sup>

[표 1] 스마트팩토리 구성 요소

출처 | 한국과학기술정보연구원, ASTI MARKET 2021-08에서 재인용

| 구분      | 정의                                                                                                                    | 세부요소                                          |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 애플리케이션  | · MES <sup>3)</sup> , ERP <sup>4)</sup> , SCM <sup>5)</sup> 등 플랫폼을 기반으로 각종 제조활동 수행<br>· 생산공정 정보 전달 및 플랫폼 분석 결과물 디스플레이 | · 공정 설계/제조 실행/품질 분석/설비 유지보수/안전 확보/유통·조달/고객 대응 |
| 플랫폼     | · 인프라-애플리케이션의 중계기능 역할 수행<br>· 수집 데이터 분석, 모니터링 및 시뮬레이션, 생산공정 제어                                                        | · 빅데이터 분석/사이버물리 기술/클라우드/자원관리                  |
| 인프라     | · 스마트팩토리 생태계의 최상위 단계의 하드웨어 시스템<br>· 센서를 통해 위치, 환경 등을 인식·감지하여 플랫폼으로 전송                                                 | · 컨트롤러/로봇/센서 등 물리적 구성요소                       |
| 네트워크 보안 | · 온-오프라인을 통한 외부 공격 및 해킹 방지<br>· 인프라/플랫폼/애플리케이션의 단계별 방어진략 필요                                                           | · 소프트웨어 보안/시스템 보안/산업기술 및 데이터 보호 기술            |

셋째, 스마트팩토리 형태는 공장자동화를 위해 다음 표 2, 그림3과 같이 공장 생산시스템의 수직적 통합을 넘어서 가치사슬 전체에 걸친 수평적 통합으로 확장 및 발전되고 있다.<sup>6)</sup>

[표 2] 스마트팩토리 수직적·수평적 통합

|        |                                                                                                    |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 수직적 통합 | · 센서·장비·제어장치 등 생산라인으로부터 생산관리시스템·자원관리시스템 등 공장 내 정보시스템까지 하나로 연결되어 실시간으로 모니터링·분석·의사결정·제어가 가능한 상태      |
| 수평적 통합 | · 조달·설계·제조·유통·마케팅 등 공장 내·외부 가치사슬 전체에 걸친 정보가 공유되고 활용되는 상태<br>(예: 고객 맞춤형 제품설계 및 마케팅, 자회사와 협력사의 정보공유) |

1) 이현진. 스마트공장 지원사업 주요내용 및 효과분석. 한국수출입은행, 해외경제연구소. 2022.

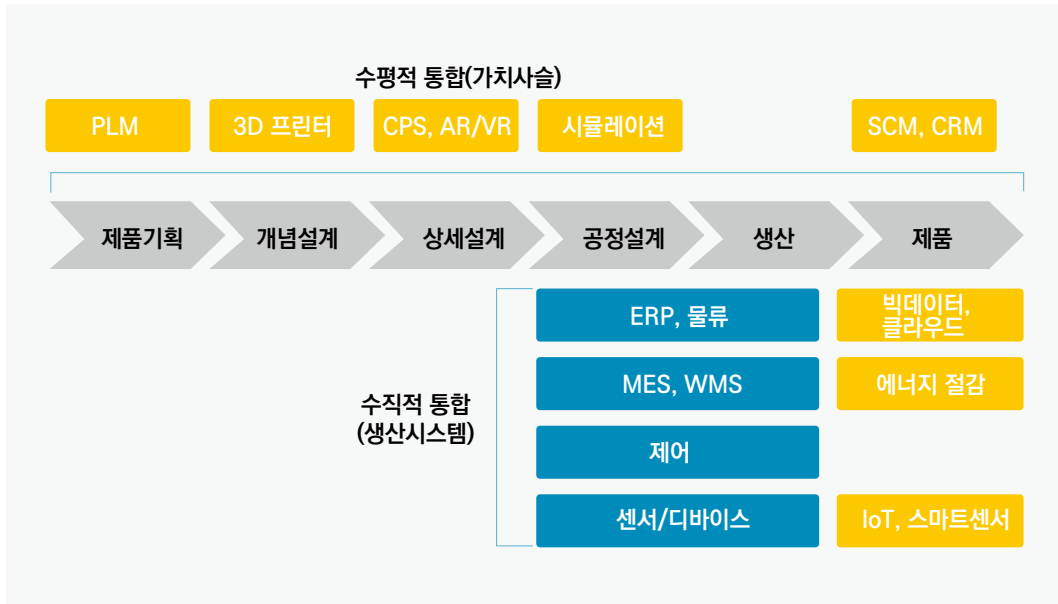
2) 심위. 스마트팩토리 시장의 트렌드 변화와 시사점. ASTI MARKET INSIGHT 2021-08. 한국과학기술정보연구원. 2021.

3) MES(Manufacturing Execution System) : 제조실행 시스템

4) ERP(Enterprise Resource Planning) : 전사적 자원관리

5) SCM(Supply Chain management) : 공급사슬관리

6) 이현진. 스마트공장 지원사업 주요내용 및 효과분석. 한국수출입은행, 해외경제연구소. 2022.



[그림 3] 스마트팩토리 개념도

출처 | 한국인더스트리4.0 협회, 중소기업기술진흥원, 한국수출입은행/해외경제연구소 자료 재인용

마지막으로, 공정의 최적화, 품질 및 재고 관리, 생산설비 관리 및 노동 생산성의 향상을 도모할 수 있는 스마트팩토리만의 차별화된 특성은 다음 표 3과 같다.<sup>1)</sup>

[표 3] 스마트팩토리 특성

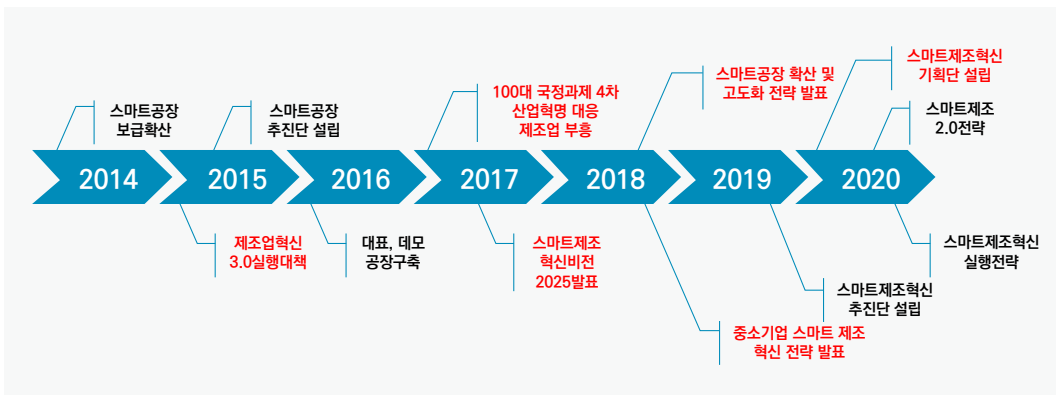
| 구분  | 특성                                                                                                                                 |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 능동성 | 제조업 생산 시스템의 능동성으로 인해 다품종 유연생산을 위한 제조공정의 변경이 용이하며, 단방향에서 양방향으로 전환이 가능하여 공장의 능동적 이행 기능 확보                                            |
| 지능성 | 다양한 변화에 따라서 자기 판단 및 의사 결정이 가능하고, 빅데이터 처리 기술과 인공지능 기술을 활용하여 데이터 오류 등을 판단하여 결과를 도출하고, 시스템의 실시간 데이터 시각화로 인간 또는 시스템의 자율적 의사결정에 통찰력을 가짐 |
| 신뢰성 | 설비 상태 모니터링을 통하여 예측하고 수집된 정보를 토대로 보수와 정비계획을 수립하고 실시하는 예지보전 기능을 수행할 수 있으며, 문제 발생 이후의 단순 대응보다는 사전에 예측하고 행동하여 안전문제 해결                  |
| 민첩성 | 실시간 운영체계, 네트워크 및 시간 동기화 기술을 바탕으로 생산 관련 경보, 조치, 소요시간 및 정보공유 등에 대한 실시간 데이터를 제공하며, 일정 및 제품 등의 변경사항 최소화로 인한 능동적 스케줄링으로 가동시간 증가 및 수율 향상 |
| 연계성 | 센서와 시스템의 데이터를 수집, 저장, 가공 및 활용하여 제조 공정 연계 시스템의 지속적인 데이터 추출 및 업데이트로 상태 유지 및 반영                                                       |

1) 나형배, 안예환, 황인국. 스마트공장 개론. 청람. 2020.

### III. 스마트팩토리 추진 현황

우리나라 경제 분야에서 제조업은 중요한 역할을 하고 있으며 해외 경제시장의 블록화, 탄소중립, 경기둔화, 인플레이션 및 코로나 등 글로벌 변화에 탄력성을 가지기 위해서는 스마트팩토리로의 전환이 필수적으로 점차 생산 효율화와 유연화에 대한 수요가 높아지고 있다. 또한 스마트팩토리 관련 산업은 IoT, AI, 5G, 클라우드 등 첨단기술을 활용하여 빠르게 성장하고 있으며, 기술의 상업화라는 관점에서 기술발전 선순환의 톱니바퀴 역할을 담당하고 있다. 특히 우리나라의 노동생산성은 선진국 대비 낮은 수준이고 중소기업의 노동생산성은 더 낮으므로 스마트팩토리를 통한 최적화 및 효율화로 노동생산성을 개선할 필요가 있다.<sup>1)</sup>

이에 정부는 스마트팩토리 저변 확대를 위해 양적보급에서 질적보급 중심으로 고도화하고자 2020년부터는 스마트제조 2.0 전략 및 스마트 제조혁신 전략을 추진하고 있다. 세부적으로는 K-스마트 등대공장 지원 등 제조혁신 선도 사례 확산, 인공지능 제조플랫폼(KAMP)과 연계한 클라우드 기반 스마트 팩토리 활성화 정책 등이 있다. 다음 그림 4는 2014년부터 우리나라의 스마트팩토리 정책 관련 추진경과를 나타내고 있다.<sup>2)</sup>



[그림 4] 국내 스마트팩토리 정책 추진경과

스마트팩토리 시장 전체 규모는 다음 그림 5와 같이 2020년 기준 약 907억원이며, 연평균 증가율은 4.2%를 나타내고 있다. 대륙별 규모는 아시아-태평양 지역(APAC<sup>3)</sup>)의 시장 규모가 가장 크고 북미와 유럽의 규모는 상대적으로 작다. 그러나 연평균 증가율은 북미 시장의 확장이 전세계 증가율을 상회하며, 아시아-태평양 지역은 저조하다. 2017년 기준 글로벌 시장에서의 대한민국 비중은 6.6%였으나, 2018년부터는 6.0~6.1%의 비중으로 정체하고 있었다. 그러나 2021년 이후의

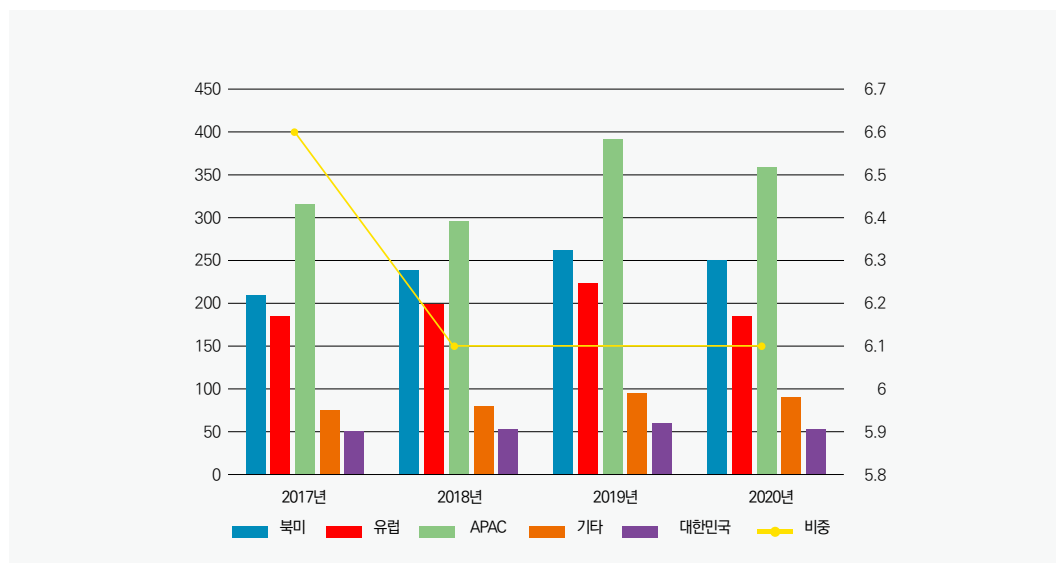
1) 이현진. 스마트공장 지원사업 주요내용 및 효과분석. 한국수출입은행, 해외경제연구소. 2022.

2) 정은미, 김경유, 이은창 등. 한국형 스마트 제조전략. 산업연구원. 2019.

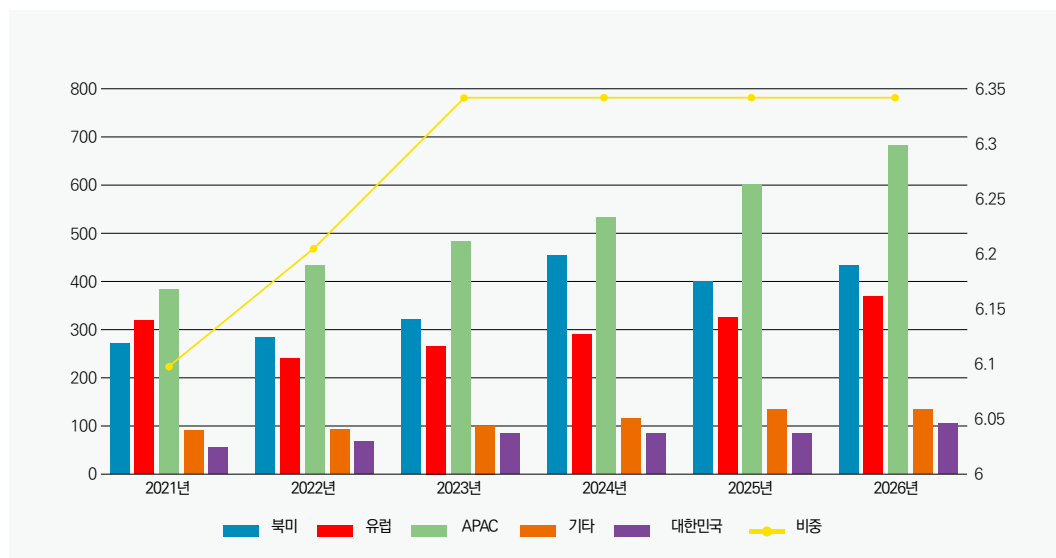
3) APAC(Asia Pacific) : 아시아 태평양 지역



국내 스마트팩토리 시장 전망은 다음 그림 6과 같이 디지털 혁명으로 인한 산업 전반에 걸친 제조 솔루션의 고도화, 첨단기술을 보유한 다수의 전자산업 포진, 정부의 인공지능·스마트팩토리 관련 정책으로 국내 시장의 연평균 증가율이 상대적으로 높을 것으로 Market and markets(미국 시장조사 보고서)에서는 예상하고 있다.



[그림 5] 대륙별 스마트팩토리 시장 현황<sup>1)</sup>(개소, %)



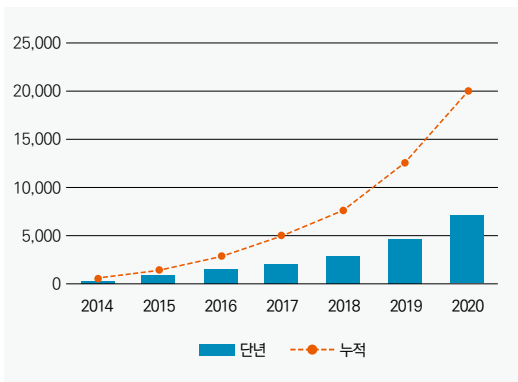
[그림 6] 대륙별 스마트팩토리 시장 전망<sup>2)</sup>(개소, %)

1) 심위. 스마트팩토리 시장의 트렌드 변화와 시사점. ASTI MARKET INSIGHT 2021-08. 한국과학기술정보연구원. 2021.

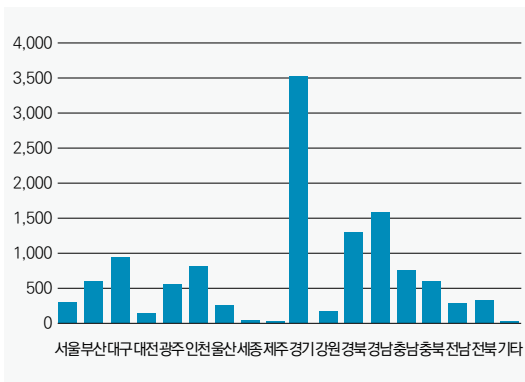
2) 심위. 스마트팩토리 시장의 트렌드 변화와 시사점. ASTI MARKET INSIGHT 2021-08. 한국과학기술정보연구원. 2021.

## IV. 스마트팩토리 도입 현황

우리나라는 중소기업 혁신전략의 일환으로 스마트팩토리를 선정하고 중소벤처기업부를 중심으로 지원사업을 추진 중이며, 2021년까지 지원사업장의 수는 25,039 개소이다.<sup>1)</sup> 2014년부터 2020년까지 정부지원 스마트팩토리 사업장 보급 개소는 19,799개소로 다음 그림 6과 같이 매년 지속적으로 성장하였으며, 2018년부터는 급격한 성장세를 보였다.<sup>2)</sup> 또한, 정부도 그동안의 스마트팩토리 구축 성과를 토대로 2021년 기준 스마트팩토리 사업장 보급 목표를 3만 개소로 설정하고 다양한 정책을 추진하였다. 2014년부터 2019년까지 정부지원 스마트팩토리 사업장 지역별 분포는 다음 그림 7과 같이 경기도가 가장 높으며, 경남, 경북, 대구 및 부산 등의 경상권의 비중이 35.8%를 차지하였다.<sup>3)</sup>



[그림 7] 연도별 정부지원 스마트팩토리 사업장(개소)



[그림 8] 지역별 정부지원 스마트팩토리 사업장 (개소, 2014~2019)

스마트 팩토리 수준별 정의는 그림8과 같으며, 2014년부터 2020년까지 정부지원 스마트팩토리 사업장 수준별 보급 현황은 그림 8과 같다. 최근 7년간 수준별 누적실적은 기초 단계가 72.0%, 중간1 단계가 20.5%, 중간2 단계가 1.6%로, 2020년까지 누적 고도화율은 22.1%이다. 또한 2014년부터 2019년까지 정부지원 스마트팩토리 사업장 솔루션별 보급 현황은 다음 그림 9와 같다. MES(제조실행 시스템) 보급 사업장이 66.0%, ERP(전사적 자원 관리) 보급 사업장이 17.3%로 대부분이 경영활동 과정을 통합·관리하는 경영정보 시스템이 차지하고 있다.<sup>4)</sup>

현재까지 국내 스마트팩토리는 보급률은 높은 편이나 질적인 측면에서 다소 부족한 부분이 있어서 질적 고도화를 위해 인공지능 중소벤처 제조플랫폼(KAMP), K-스마트 등대공장, 선도형 디지털 클러스터 등 후속사업을 추진 중에 있다.<sup>5)</sup>

1) 이현진. 스마트공장 지원사업 주요내용 및 효과분석. 한국수출입은행, 해외경제연구소. 2022.

2) 중소벤처기업부. 중기부, 스마트공장 보급 2만개 달성. 보도자료. 2021.

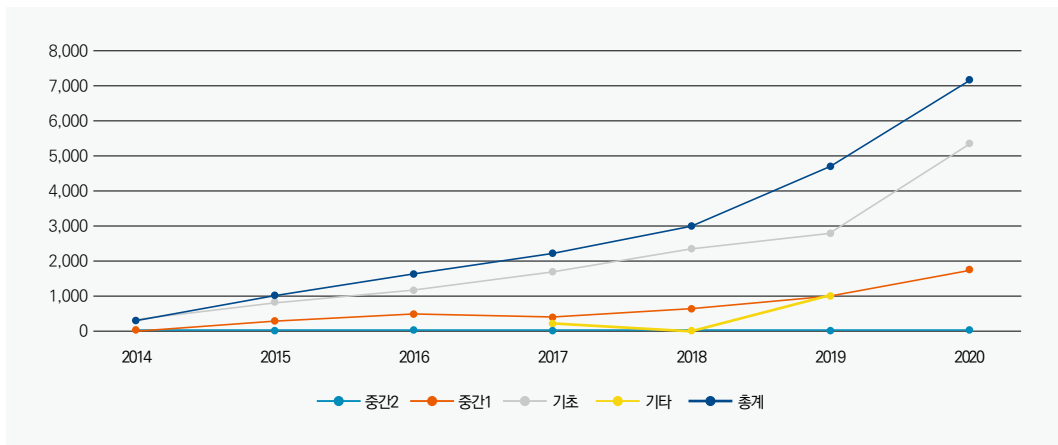
3) 정은미, 김경유, 이은창 등. 한국형 스마트 제조전략. 산업연구원. 2019.

4) 박한구. 제조 혁신 전략과 데이터 수집 및 활용 인프라 KAMP 구축 방안, AI EXPO KOREA 2020. 스마트제조혁신추진단. 2020.

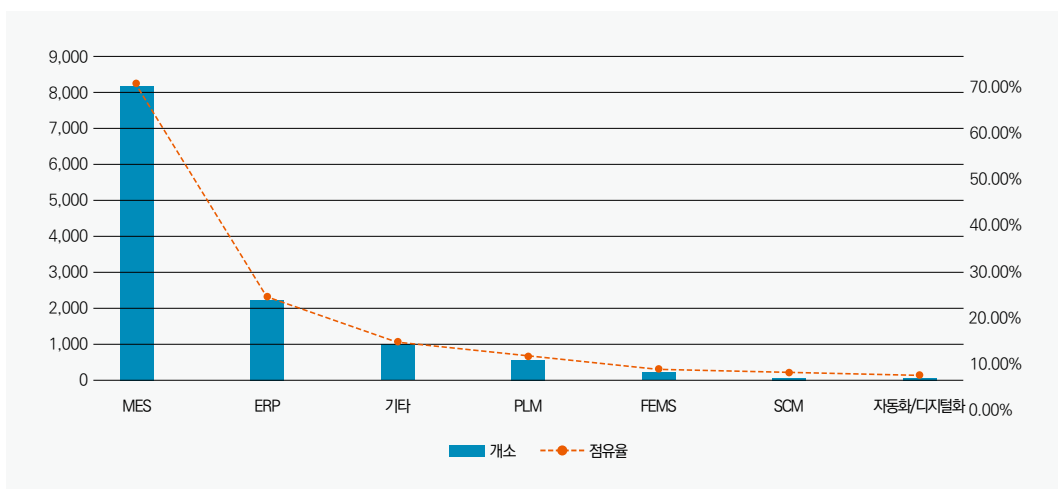
5) 이현진. 스마트공장 지원사업 주요내용 및 효과분석. 한국수출입은행, 해외경제연구소. 2022.

[표 4] 스마트팩토리 수준별 정의<sup>1)</sup>

| 구분    | 정의                                                                                |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 기초수준  | •기초적인 ICT를 활용하여 생산 일부 분야의 정보를 수집·활용하고 모기업 인프라 활용 등을 통하여 최소비용으로 자사의 정보시스템을 구축하는 수준 |
| 중간수준1 | •설비 정보를 최대한 자동으로 수집하고 모기업과 고신뢰성의 정보를 공유함으로써 기업운영의 자동화를 지향하는 수준                    |
| 중간수준2 | •모기업과 공급사슬 및 엔지니어링 정보를 공유하며, 글로벌 계획 최적화와 제어 자동화를 기반으로 실시간 의사결정 및 제어형 공장을 달성하는 수준  |
| 고도화수준 | •사물과 서비스를 IoT/IoS화하여 사물, 서비스, 비즈니스 모듈간의 실시간 소통체계를 구축하고 사이버 공간에서 비즈니스를 실현하는 수준     |



[그림 9] 정부지원 스마트팩토리 사업장 수준별 현황(개소)



[그림 10] 정부지원 스마트팩토리 사업장 솔루션별 현황(개소, %)

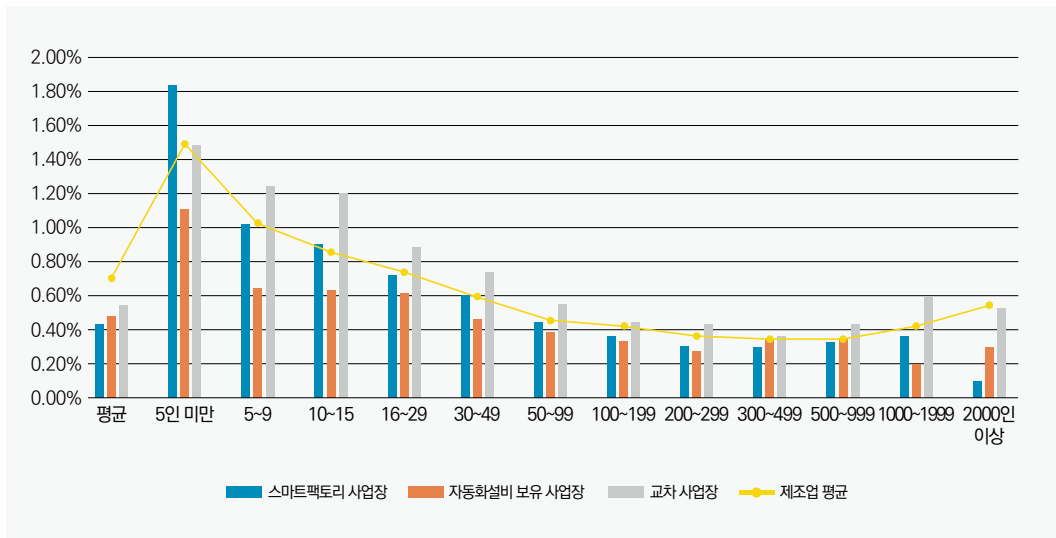
1) 스마트제조혁신추진단 스마트공장 사업관리시스템/디지털라이브러리, 2021.

## V. 스마트팩토리 산업재해

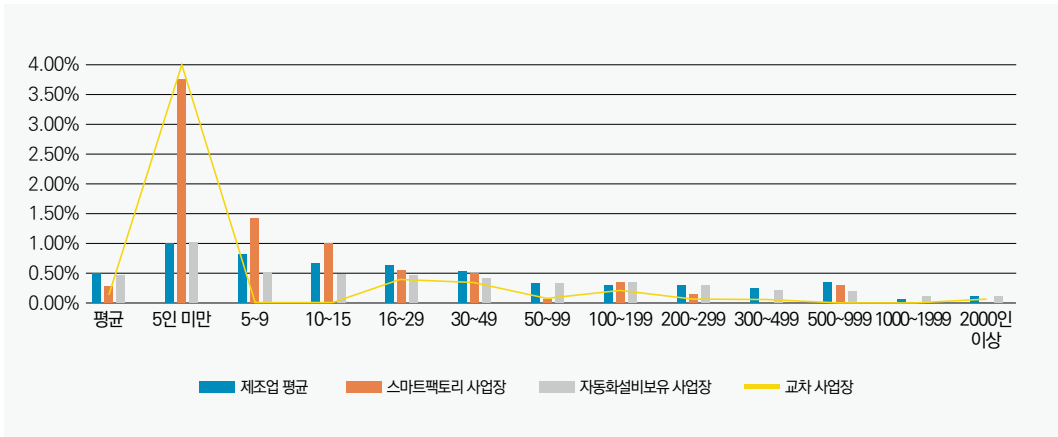
2020년 기준 정부지원 스마트팩토리 사업장 규모별 분포 현황은 50인 미만 사업장 비율이 68.6%, 50인이상 300인만 사업장 비율이 29.8%로 중소기업 사업장이 다수를 차지하고 있다. 또한 2020년 기준 정부지원 스마트팩토리 사업장 업종별 분포 현황은 제조업이 93.9%를 차지하고 있으며, 기계기구·금속·비금속광물제품제조업, 전기기계기구·정밀기구·전자제품제조업, 화학및고무제품제조업 등 3개 업종이 제조업에서 82.73%를 차지하고 있다.

2020년 기준 정부지원 스마트팩토리 사업장의 72.0%가 기초단계 수준으로 새로운 유해·위험요인을 유발할 수 있는 자동화 및 디지털화 비율은 0.9%로, 스마트팩토리 관련 새로운 유해·위험요인 발생 가능성을 예측하고 차별성을 도출하기 위하여 자동화설비를 보유한 사업장과 비교·분석이 필요하였다.

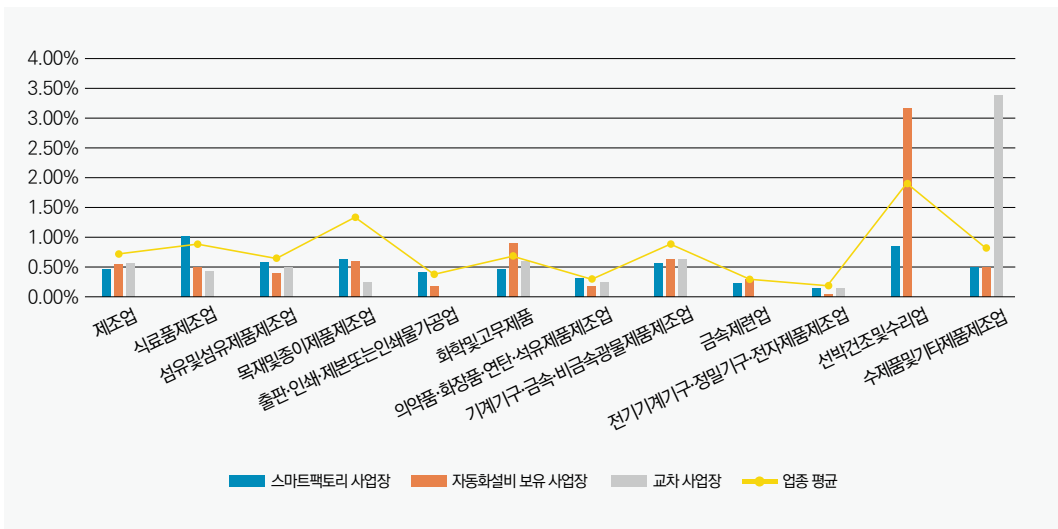
따라서 정부지원 스마트팩토리 사업장의 최근 3년간(2018년~2020년) 산업재해 발생 현황을 다음 그림 10 및 11과 같이 규모별로 정부지원 스마트팩토리 사업장, 자동화설비 보유 사업장 그리고 자동화설비를 보유한 정부지원 스마트팩토리 사업장을 각각 비교·분석하였다. 또한 정부지원 스마트팩토리 사업장의 최근 3년간(2018년~2020년) 산업재해 발생 현황을 다음 그림 12 및 13과 같이 업종별로 정부지원 스마트팩토리 사업장, 자동화설비 보유 사업장 그리고 자동화설비를 보유한 정부지원 스마트팩토리 사업장(이하 '교차사업장')을 각각 비교·분석하였다.



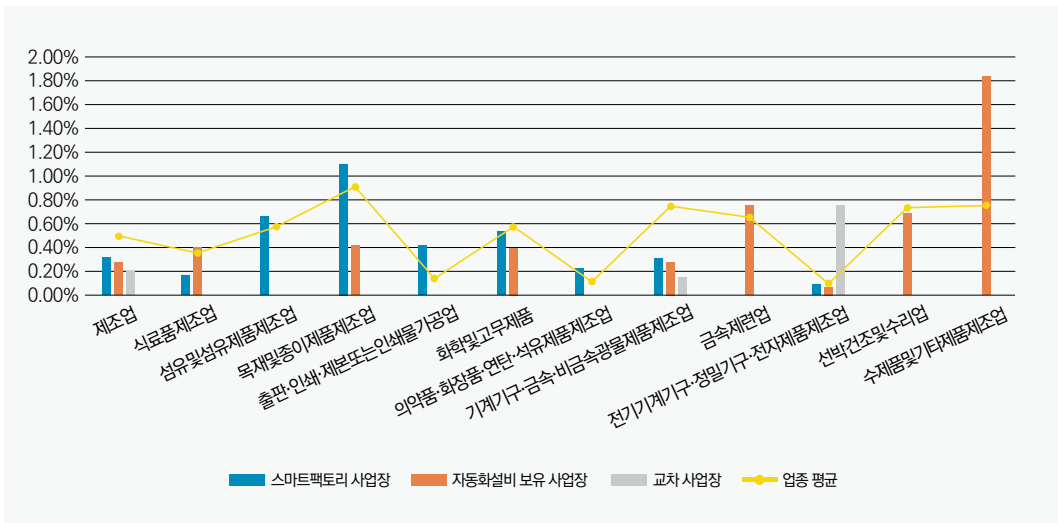
[그림 11] 규모별 재해율 현황(2018~2020)



[그림 12] 규모별 사고사망만인율 현황(2018~2020)



[그림 13] 업종별 재해율 현황 (2018~2020)



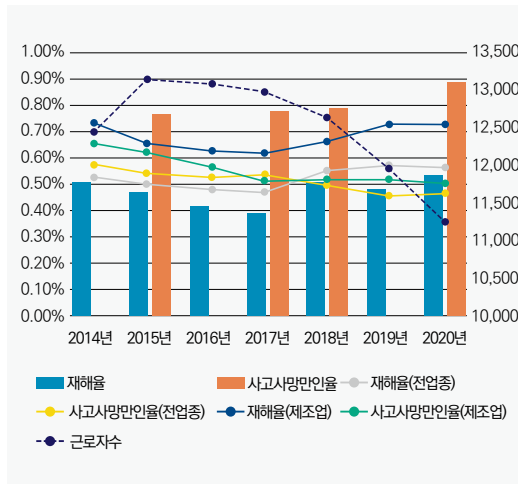
[그림 14] 업종별 사고사망만인율 현황 (2018~2020)



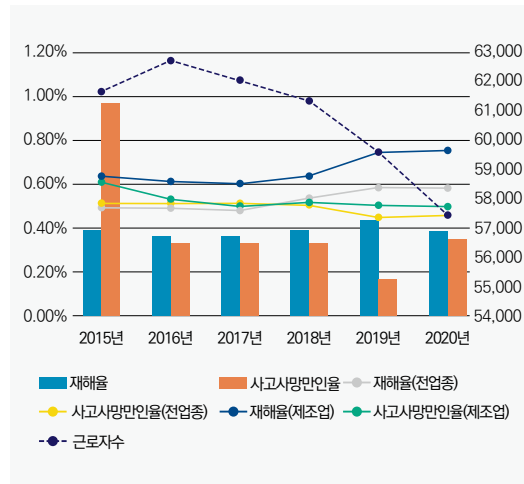
분석결과 정부지원 스마트팩토리 사업장의 재해율은 규모별 비교에서는 5인 미만 사업장이 제조업 평균, 자동화설비 보유 또는 교차 사업장의 규모별 평균보다는 높게 나타났으나, 5인 이상 사업장에서는 대체적으로 스마트팩토리 사업장이 자동화설비 보유 사업장과 제조업 평균보다는 낮았으나 교차 사업장보다는 높았다. 또한 업종별 비교에서는 식료품제조업, 섬유및섬유제품제조업, 목재및종이제품제조업, 출판·인쇄·제본또는인쇄가공업, 의약품·화장품·연탄·석유제품제조업은 자동화설비 보유 사업장과 교차사업장보다는 높았으며, 식료품제조업의 경우 해당 업종 평균보다도 높았다.

그리고 정부지원 스마트팩토리 사업장의 사고사망만인율은 규모별 비교에서는 30인 이하의 중소규모 사업장이 제조업 평균, 자동화설비 보유 또는 교차 사업장의 규모별 평균보다는 높게 나타났으며, 특히 5인 미만의 자동화설비를 보유한 스마트팩토리 사업장의 사고사망만인율이 높았다. 또한 업종별 비교에서는 섬유및섬유제품제조업, 목재및종이제품제조업, 출판·인쇄·제본및인쇄물가공업, 의약품·화장품·연탄·석유제품제조업, 전기기계기구·정밀기구·전자제품제조업이 제조업 평균, 자동화설비 보유 또는 교차 사업장의 규모별 평균보다는 높게 나타났다.

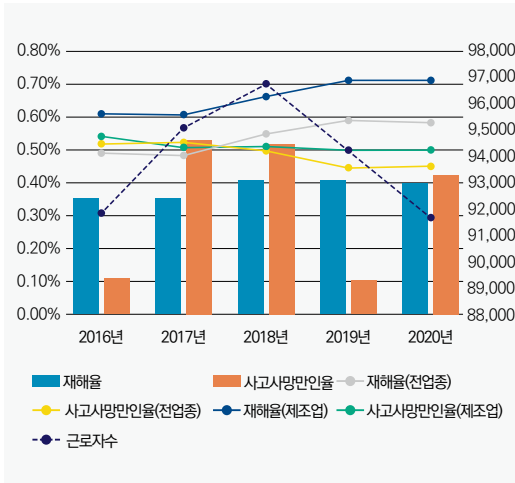
스마트팩토리 사업장을 정부지원 년도별로 구분하고 다음 그림 14~19와 같이 재해율, 사고사망인율을 전업종과 제조업 평균과 비교 분석하였으며, 지원이후 근로자수 증감 추세도 분석하였다.



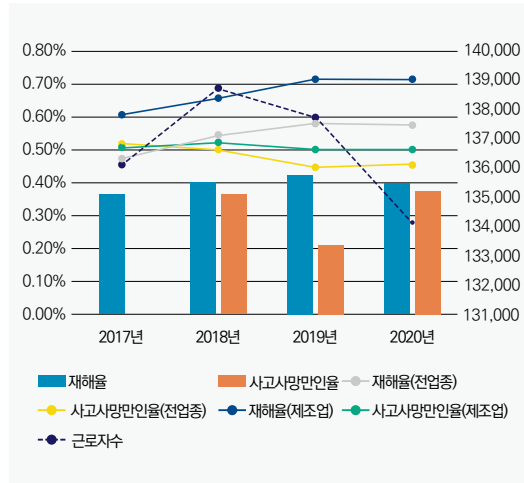
[그림 15] 2014년 정부지원 스마트팩토리 사업장



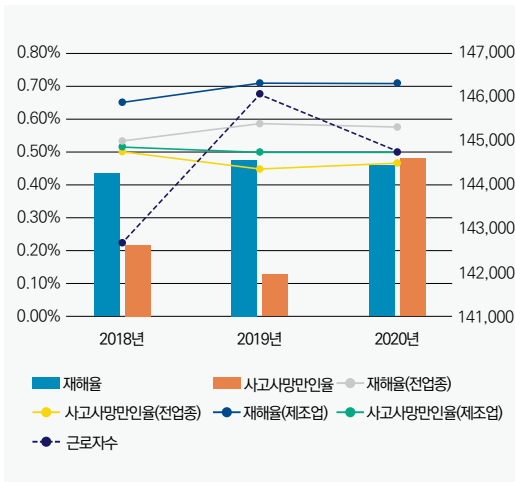
[그림 16] 2015년 정부지원 스마트팩토리 사업장



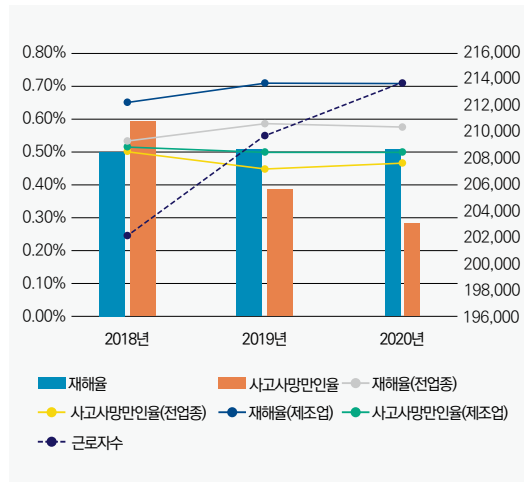
[그림 17] 2016년 정부지원 스마트팩토리 사업장



[그림 18] 2017년 정부지원 스마트팩토리 사업장



[그림 19] 2018년 정부지원 스마트팩토리 사업장



[그림 20] 2019년 정부지원 스마트팩토리 사업장

2014년 정부지원 스마트팩토리 사업장의 경우 재해율은 전업종과 제조업 평균 대비 낮은 수준이나 사고사망만인율은 지원 이후에는 전업종과 제조업 평균 대비 높은 수준을 보이고 있다. 2015년 정부지원 스마트팩토리 사업장의 경우 2015년 사고사망만인율을 제외하고는 재해율과 사고사망만인율은 전업종과 제조업 평균 대비 낮은 수준을 보이고 있다. 2016년부터 2018년까지 정부지원 스마트팩토리 사업장의 경우 재해율과 사고사망만인율은 전업종과 제조업 평균 대비 낮은 수준을 보이고 있다. 2019년 정부지원 스마트팩토리 사업장의 경우 2018년 대비 사고사망만인율의 경우 감소추세를 보이나 재해율은 제조업 평균보다는 낮지만 정체현상을 보이고 있다. 다만, 스마트팩토리 사업장의 경우 정부지원 이후부터는 근로자수가 감소추세에 들어가지만 재해율과 사고사망만인율의 감소효과는 없는 것으로 확인되었다.

## VI. 시사점

국내 스마트팩토리 사업장의 산업안전수준을 살펴보고자 2014년부터 2019년까지 정부지원 스마트팩토리 사업장에 대한 산업재해 현황 분석을 실시하였다. 스마트팩토리 사업장 고유의 위험성을 확인하기 위해 산업용로봇, 컨베이어 등 스마트팩토리 핵심설비를 보유한 일반 및 지원사업장과의 비교 및 분석, 규모별·업종별 비교를 통한 분석 등 다양한 관점에서 산업재해 현황 분석을 실시하였다.

분석결과 일부 규모별·업종별에서 정부지원 스마트팩토리사업장, 자동화설비 보유 사업장, 자동화설비 보유 정부지원 사업장의 차별성은 도출되었으나 그 차이가 스마트팩토리에 기인하는 것으로 판단하기까지는 추가 연구가 필요하다. 또한 정부지원 스마트팩토리 사업장의 보급률은 상당히 높지만 기초단계 비중이 높고 고도화 비중이 낮아서, 스마트팩토리 관련 새로운 위험요인과의 상관관계를 규명하기 위해서는 별도의 분석이 필요하다.

또한, 전체 평균 재해율은 자동화설비를 보유한 정부지원 스마트팩토리 사업장이 높았고, 자동화설비 보유 사업장 그리고 정부지원 스마트팩토리 사업장 순으로 높았다. 전체 평균 사고사망만인율은 역순으로 정부지원 스마트팩토리 사업장이 제일 높았다. 그럼에도 불구하고 업종별·규모별 다양성이 존재하기 때문에 평균 재해율과 사고사망만인율을 산업안전 수준의 지표로 고려할 수는 없다고 판단된다.

마지막으로 스마트팩토리 사업장의 년도별 분석에서는 정부사업 지원 이후에 재해율과 사고사망만인율이 감소하거나 증가하는 다양한 추세를 보였다. 공통적으로 정부사업 지원 이후에 근로자수가 감소하는 추세를 보이고 있으므로 스마트팩토리로 인한 생산 효율성 측면은 증가되었다고 볼 수 있다. 그러나 근로자수 감소에 따른 재해율 또는 사고사망만인율의 감소효과가 없다는 점을 감안한다면 향후 관련 위험성에 대한 추가 연구도 필요하다고 판단된다.

## Ⅶ. 마치며

현대사회는 대형화, 복잡화, 집적화, 고도화 등으로 인한 객관적 위험의 증가로 이미 위험사회라고 볼 수 있으며, 앞으로는 위험을 제거·배척하는 것이 아니라 위험을 감수해야만 하는 사회로 패러다임의 전환이 필요한 시기이다. 즉, 현대사회는 위험을 허용 가능한 수준으로 안전하게 취하도록 권장하는 사회이기 때문에 우리사회의 위험을 이제는 구조적 특성에 기인하는 특수한 문제라고 인식하고 제거·배척할 것이 아니라 일상적인 문제로 인식하여 안전한 관리대상으로 간주하여야 한다.

또한 스마트팩토리 공정 특성상 설비의 대형화, 복잡화, 집적화 및 고도화 등으로 인해 상당한 수준의 객관적 위험이 구조적으로 내포되어 있을 수밖에 없고 기존의 위험 제거 또는 감소방식의 패러다임으로는 더 이상 안전수준 향상을 도모하기 어렵다. 따라서 스마트팩토리 공정에서 노동자 중심의 안전하고 건강한 환경을 조성하기 위해서는 안전 패러다임의 전환을 통하여 구조화된 유해·위험요인의 발현을 시스템적으로 통제한다면 안전한 대상으로 관리할 수 있을 것으로 기대한다.

## 참고문헌

- 인더스트리 5.0(Industry 5.0), 산업통상자원부, 한국산업기술진흥원.
- 이현진. 스마트공장 지원사업 주요내용 및 효과분석. 한국수출입은행, 해외경제연구소. 2022.
- 심위. 스마트팩토리 시장의 트렌드 변화와 시사점. ASTI MARKET INSIGHT 2021-08. 한국과학기술정보연구원. 2021.
- 조혜지, 김용균. 스마트팩토리 기술 및 산업 동향. 정보통신기술진흥센터. 2018.
- 나형배, 안예환, 황인국. 스마트공장 개론. 청람. 2020.
- 정은미, 김경유, 이은창 등. 한국형 스마트 제조전략. 산업연구원. 2019.
- 중소벤처기업부. 중기부, 스마트공장 보급 2만개 달성. 보도자료. 2021.
- 박한구. 제조 혁신 전략과 데이터 수집 및 활용 인프라 KAMP 구축 방안, AI EXPO KOREA 2020. 스마트제조혁신추진단. 2020.



## 스마트 모니터링, 디지털 트윈 기반 안전보건관리시스템 적용 방안



## 주요 내용 요약

- | 스마트 안전(Smart Safety)이란 4차 산업혁명을 대표하는 기술들을 활용하여 근로자의 생명과 안전을 지키고, 나아가 기업의 원활한 영업활동을 지원하여 기업의 연속성(Continuity)과 회복성(Resilience)을 강화하는 모든 활동(Activity)으로 정의할 수 있음.
- | IT 기술을 활용하여 정부, 안전보건 서비스 제공 기관, 기업을 연결하여 디지털화된 정보가 상호 교류되면 현재 대부분 오프라인으로 이루지는 업무 효율을 높이고 불필요한 활동들을 줄일 수 있음. 이렇게 확보된 자원을 현장의 안전보건관리 활동에 투자함으로써 산업재해 예방을 위한 실질적인 자원의 양적 증가를 통해 산업재해를 예방하고자 하는 것이 스마트 안전이 추구하는 가치임.
- | 중대재해처벌법 시행 이후 사업주의 안전보건 활동에 대한 책임과 관심이 높아지고 있는 지금이야말로 산업재해 예방을 위한 새로운 패러다임 전환을 위한 스마트 안전 도입의 적기이며, 이러한 패러다임의 전환을 위한 스마트 안전의 확산과 정착을 위해 정부, 지자체, 공공기관의 정책적 지원이 필요함.



## I. 스마트 안전관리 개념과 도입의 필요성

### 1. 스마트 안전이란

스마트 안전(Smart Safety)이란 4차 산업혁명을 대표하는 기술<sup>1)</sup>을 활용하여 근로자의 생명과 안전을 지키고, 나아가 기업의 원활한 영업활동을 지원하여 기업의 연속성(Continuity)과 회복성(Resilience)을 강화하는 모든 활동(Activity)으로 정의할 수 있다. 4차 산업혁명은 디지털혁명인 3차 산업혁명을 기반으로 하여 기존 영역의 경계가 융합하는 기술혁명이며 초연결성, 초지능화, 융합화의 특징을 갖고 있다. 이러한 기술들은 빠른 속도로 발전하고 있으며 산업 전반으로 확산하고 있다.

스마트 안전관리란 기본적으로 IT 기술을 기반으로 한다. 웹과 모바일, 그리고 클라우드 서버를 바탕으로 모든 안전보건관리 활동을 정보통신기술로 구현한다. 이렇게 함으로써 반복적인 서류작업을 줄이고, 안전보건관리 활동으로 생성된 문서들은 클라우드 서버에 자동 저장됨으로써 관리의 효율성을 높일 수 있다. 또한, 디지털화된 모든 정보와 문서는 다른 관리 활동과 연계되어 유기적으로 활용할 수 있으므로 사고 예방을 위한 안전보건관리체계 구축과 이행을 실현할 수 있다.

또한, 현장에서 발생할 수 있는 각종 위험에 대비하여 위험을 감지할 수 있는 IoT 센서들을 설치하고 통합관제 시스템을 구축한다. 사전에 감지된 위험에 대응하기 위한 시나리오를 전산시스템에 입력한 후 실제로 위험 발생 알람이 발생하였을 때 사전에 입력된 시나리오에 따라 관련 대응조직의 구성원(관리자, 근로자)에게 모바일 애플리케이션을 통해 임무나 비상 대피 안내가 자동발송되어 신속한 대응이나 대피가 가능하여 사고로 인한 피해를 최소화할 수 있다.

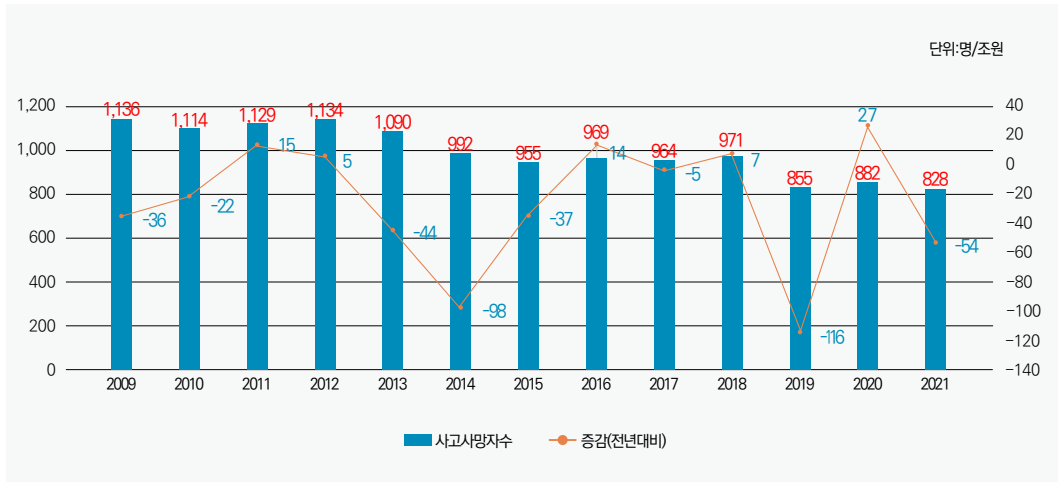
위험 장소 또는 위험 공정을 3D 스캐너를 활용하여 디지털 트윈 시스템으로 구축한 후 현장의 각종 정보를 디지털 문서로 입력해 놓음으로써 현장에서는 스마트 패드 등을 활용하여 필요한 정보를 확인할 수 있게 하거나 주요 공정의 점검, 주요 설비의 점검 등을 스마트 패드 등을 활용하여 점검할 수 있게 하여 기존 종이나 수기로 하는 방식보다 쉽고 간편하게 업무를 수행할 수 있다.

### 2. 스마트 안전관리 도입의 필요성

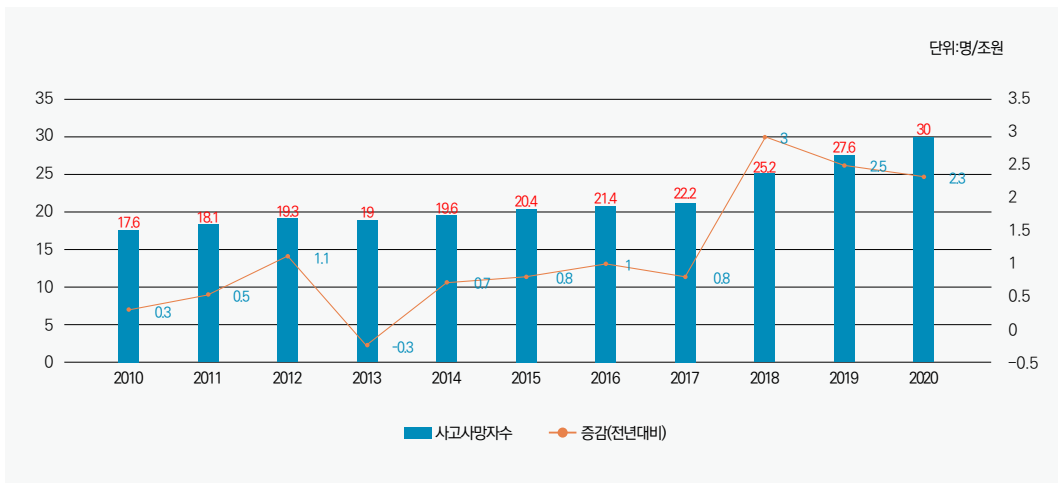
고용노동부에서 발표한 2021년 산업재해 발생 현황을 보면 '21년 재해율은 0.63%로 전년 대비 0.06%p가 증가한 것으로 나타났으며 사망자 수는 2,080명으로 전년 대비 18명이 증가한 것으로 나타났다. 사망자 수 중 사고 사망자 수는 828명으로 전년 대비 54명(6.1%)이 감소하였다.

1) 인공지능(AI), 빅데이터(Big Data), Cloud Server, Cloud Computing, Digital Transformation, Digital Twin, 3D Scan, 3D modeling, IoT Sensor, VR, AR, IT

사고성 사망자 수를 보면 여전히 근로일수<sup>1)</sup> 기준으로 하루에 3.29명의 근로자가 산업 현장에서 안타까운 목숨을 잃고 있다. 사고성 사망자 수는 2009년 1,136명을 정점으로 차츰 감소하는 추세에 있으나 여전히 다른 선진국에 비해 높다. 주요 선진국의 사망 만인율(단위:‰)을 보면 2018년 기준으로 영국 0.045, 일본 0.126, 독일 0.129, 미국 0.337, 한국 0.361 순으로 나타났다.<sup>2)</sup>



[그림 1] 사고성 사망자 수 연간 추이<sup>3)</sup>



[그림 2] 산업재해로 인한 손실액<sup>4)</sup>

1) 2021년 근로일 : 토요일, 일요일, 법정 휴일을 제외한 실 근로일수(252일)

2) 박선영. "주요 국가 간 산업재해를 변화 추이 비교분석." 산업안전보건연구원, 2020

3) 고용노동부. "2021.12월 말 산업재해 발생 현황." 2022

4) 고용노동부. e-고용노동지표([https://eboard.moel.go.kr/indicator/detail?menu\\_idx=47#](https://eboard.moel.go.kr/indicator/detail?menu_idx=47#)). 2021

고용노동부에서 발표한 e-고용노동지표에 따른 산업재해로 인한 우리나라의 경제적 손실은 2020년을 기준으로 30조 원에 달하는 것으로 나타났다. 한국노동연구원에 따르면 기업의 경우 산업 재해 1건이 발생할 때 4,500만 원의 경제적 손실이 발생한다는 연구 결과도 있다.<sup>1)</sup> 결국, 산업재해를 예방하는 것은 근로자, 기업, 국가의 손실을 예방하는 매우 중요한 사안이며 각 주체의 노력과 투자는 지속되어야 한다.

2022년 상반기 발생한 사고성 사망 재해 303건(320명)의 원인을 사고유형별로 보면 떨어짐(39.4%), 끼임(17.8%), 물체에 맞음(10.0%), 깔림·뒤집힘(8.4%), 부딪힘(6.3%), 기타(18.1%)의 순으로 많이 발생하였으며 사고원인별로는 작업절차·기준 미수립(24.4%), 추락위험방지 미조치(15.8%), 위험 기계·기구 안전조치 미실시(12.0%) 순으로 나타났다.<sup>2)</sup> 이렇듯 떨어짐, 끼임 등과 같은 재래형 재해 유형이 많이 발생하고 있으며 작업절차나 기준을 미수립하거나 준수하지 않아 발생하는 사고가 여전히 높게 나타나고 있다. 이러한 사고성 사망 재해를 줄이기 위해서 그동안 정부의 노력은 지속하여 왔으나 사고성 사망자 수가 2019년 855명, 2020년 882명, 2021년 828명으로 800명대를 벗어나지 못하고 있다. 산업재해를 또한 2019년 0.58%, 2020년 0.57%, 2021년 0.63% 등으로 감소 보다는 오히려 더 늘고 있다.<sup>3)</sup>

2022년 1월 27일 이후 중대산업재해 발생을 사전에 예방하고자 사업주와 경영책임자 등의 책임을 크게 늘려 사업장의 안전보건관리체계를 구축하고 이행토록 하는 중대재해 처벌 등에 관한 법률이 시행되고 있다. 하지만 법률 시행 후 중대산업재해가 303건(320명)으로 전년 동기 334건(340명) 대비 31건(9.3%), 20명(5.9%) 감소에 그치고 있어 처벌 위주의 행정조치가 과연 사고 예방에 실효성이 있는지에 대한 의문이 제기되고 있다.<sup>4)</sup>

산업재해를 예방하고 특히 사고성 사망자 감소를 위해서는 다양한 노력이 필요하다. 스마트폰 하나로 안 되는 게 없는 요즘 시대에 유독 산업안전보건 분야에서의 IT 기술의 도입은 매우 저조한 상황이며 이를 이끌어가야 할 정부나 공공기관의 역할을 찾아볼 수 없다. 최근 발전된 IoT 센서들을 활용한다면 근로자의 불안정한 행동이나 표준작업 지침의 불이행 등으로 인한 사고를 예방할 수 있다. 이제 산업안전보건 분야에서의 관리 방법을 IT 기술 등을 활용하여 개선하는 패러다임의 전환이 필요하다.

1) 한국노동연구원. "산업재해의 경제적 손실비용 관련 연구." 2018

2) 고용노동부, "22년 상반기 재해조사 대상 사망사고 현황발표." 2022

3) 고용노동부, "산업재해현황" e-나라지표 [https://www.index.go.kr/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx\\_cd=1514](https://www.index.go.kr/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_cd=1514)

4) 강원일보, "중대재해법 시행 6개월 사망자 감소에도 실효성 의문" 2022

## II. 스마트 안전관리의 구성과 활용

### 1. 스마트 안전관리의 구성

산업 안전보건 관리의 주체를 크게 나누면 기업과 안전보건 서비스 제공 기관, 정부로 나눌 수 있다. 기업에서는 생산활동을 위해 근로자를 고용하고 고용된 근로자의 안전보건관리 활동을 수행한다. 안전보건 서비스 제공자는 기업에서 필요로 하는 안전보건과 관련된 서비스를 제공한다. 서비스는 정부로부터 위임을 받아 제공하는 서비스와 기업의 필요에 따라 자율적으로 제공하는 서비스 등으로 나눌 수 있다.<sup>1)</sup> 정부의 역할은 안전보건과 관련된 정책을 세우고 추진하며 기업의 안전보건 관련 기준 위반에 대한 감독을 수행한다. 스마트 안전관리는 크게는 3개의 주체가 서로 유기적으로 웹(통신)으로 연결되어 정보의 이동을 자유롭게 함으로써 새로운 방식의 안전보건관리를 실행되게 하는 빅플랫폼(Big Platform)으로 볼 수 있다. 예를 들어 기업에서 수행하는 안전보건관리 활동 중 유해·위험 기계·기구 안전점사의 경우 기업에서 플랫폼에서 전산으로 신청한 정보가 검사기관으로 이동하고 검사기관은 해당 기계·기구를 검사한 후 검사 결과를 플랫폼을 통해 기업과 정부에 전송한다. 기존에는 종이문서나 팩스, 우편으로 정보가 이동되었다고 하면 새로운 스마트 안전관리 플랫폼에서는 웹을 통해 모든 정보가 이동되어 부수적인 행위, 업무 등이 생략되어 업무 효율을 높일 수 있는 장점이 생기고 관리도 훨씬 수월해진다.



[그림 3] 스마트 안전관리 Big Platform

정보통신기술을 활용하여 정보의 원활한 흐름에 따라 발생하는 정보는 빅 데이터(Big Data)가 되어 정부의 정책 개발과 정책의 실효성에 대한 평가 및 개선을 위한 기초 데이터로 활용될 수 있으며 안전보건관리 현황을 빠르게 파악하여 기업에 필요한 지원을 신속히 결정할 수 있다.

1) 위임받아 수행하는 서비스 : 안전보건교육, 유해·위험 기계·기구안전점사, 안전보건관리업무 위탁, 작업환경측정, 건강검진, 건설재해예방지도  
/ 자율수행 서비스 : 산업안전보건 관련 모든 컨설팅



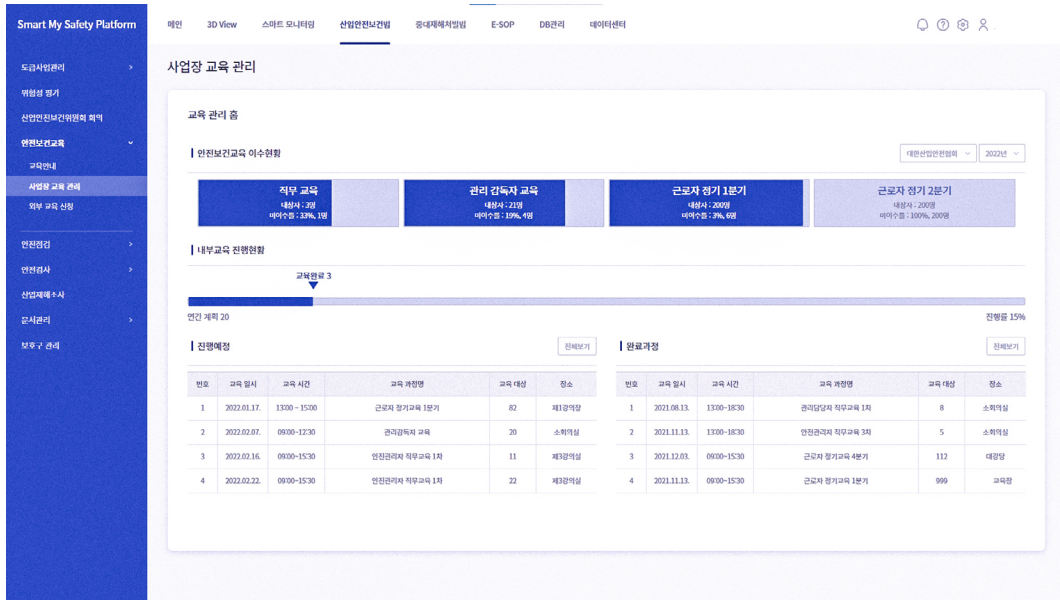
## 2. 안전보건관리 · 중대재해처벌법 대응 전산시스템

산업안전보건법에서 정한 안전보건관리 활동은 그 범주가 매우 넓고 복잡하다. 현행 산업안전보건법은 총 12장, 15절, 175개 조문으로 구성되어 있다. 법의 하위 법령은 법령의 적용 범위 · 종류 등 법에서 위임된 사항과 그 시행에 필요한 사항에 관해 규정하고 있는 시행령 및 시행규칙, 산업안전보건기준 등 전문 기술적 내용에 사항을 규율하고 있으며 하위 규정으로 고시 60여 개, 훈령 2개, 예규 8개 등 기술상의 지침, 작업환경의 표준과 그 밖에 법령에서 근거한 많은 강제적 · 비강제적 행정규칙으로 구성되어 있다.<sup>1)</sup> 또한, 중대재해처벌법 시행에 따라 행정적으로 수행해야 할 의무들이 추가되었으며 이에 따른 안전보건 관련 업무 강도는 더 높아진 것이 사실이다.

안전보건관리 활동은 단순히 업무를 수행하는 것에 그치지 않고 모든 행위에 대해서는 관련 사내 규정을 통해 위임절결 규정에 따라 사안을 책임져야 할 주체가 있다. 이에 따라 생성된 문서는 결재가 이뤄져야 하며 이는 과중한 서류 업무를 낳게 된다. 중대재해처벌법(이하 중처법) 시행 이전에도 산업안전보건법 이행에 따라 생성되는 서류가 방대하며 이를 보존하는 일에도 많은 시간이 소요되고 있었다. 대부분 업무가 종이 문서를 기반으로 하고 있으므로 문서를 만들어 결재를 받고 한편으로 다시 이 문서를 스캔하여 전자문서로 만든 다음 컴퓨터에 연도별, 항목별 폴더를 만들어 관리해야 하기 때문에 업무가 가중되었던 것도 사실이다. 스마트 안전관리는 이러한 오프라인에서의 업무 비효율성을 개선하기 위해 프로세스가 필요한 업무의 경우 모듈을 만들어 수행하게 하며, 모든 업무는 전산화로 시스템을 통해 결재까지 실행될 수 있어 업무 효율을 높이고 중복 또는 반복 업무를 최소화할 수 있다.

또한, 업무를 처음 접해 본 신입안전관리자도 전산시스템의 수행 방법만 학습하면 업무를 쉽게 이해하고 수행할 수 있을 뿐만 아니라 문서관리를 위해 별도의 파일을 생성하는 스캔작업이 필요 없어 많은 시간을 절약할 수 있다. 결재 시스템 등을 활용하여 부재중이거나 출장 중인 경우라도 모바일 애플리케이션을 통해 내용을 확인하고 결재도 진행할 수 있어 업무 지연을 예방할 수 있다. 결재가 끝난 문서는 자동 저장 · 보관되므로 문서관리에도 별도의 행위가 필요 없어지게 된다.

1) 채창근. "중대재해 사례 및 판례 분석을 통한 산업안전보건법 개선방안 연구." 국내 박사학위논문 서울과학기술대학교 2021



[그림 4] 스마트 안전관리 산업안전보건법 관리 모듈 예시<sup>1)</sup>

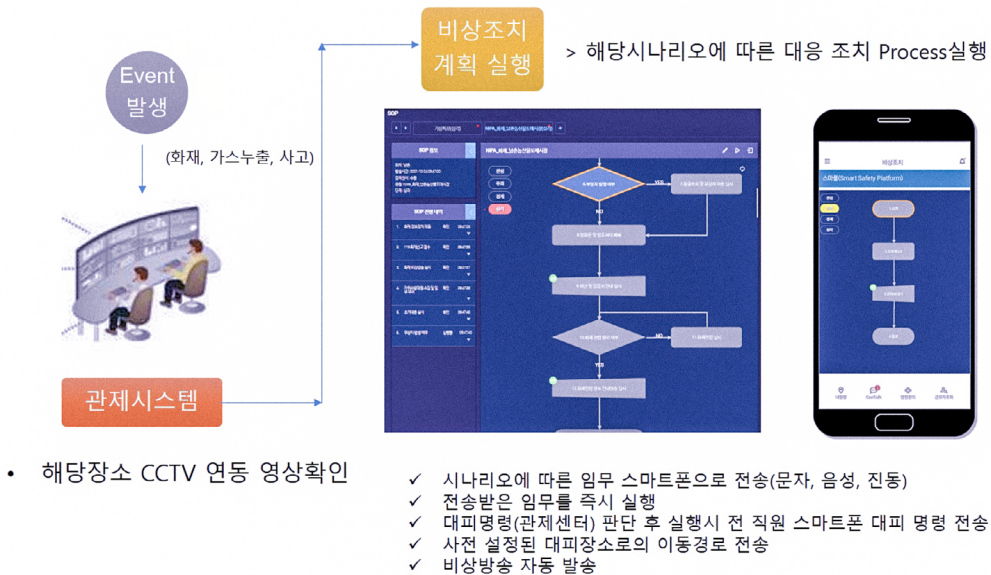
중처벌법의 핵심은 안전보건관리체계 구축과 이행에 있다. 하지만 그 또한 대부분 산업안전보건법의 이행과 관련 근거의 보관이 필수적으로 동반된다. 따라서 중처벌 이행에도 전산화를 통해 관리해야 할 필요가 있으며 이 부분에 대한 내용도 스마트 안전관리 시스템에 포함되어야 한다.

1) 도급사업관리 모듈, 위험성평가 모듈, 산업안전보건위원회 관리 모듈, 안전보건교육 모듈, 안전점검 모듈, 안전검사 모듈, 산업재해조사 모듈, 문서관리 모듈, 보호구 관리 모듈

### 3. 스마트 모니터링 시스템

대부분의 기업에는 비상상황이 발생되었을 때 이를 대처하기 위한 비상조치 대응 매뉴얼 또는 규정을 두도록 법에서 정하고 있다. 비상조치는 크게 화재발생 시, 중대재해 발생 시, 유해·위험물질 누출 시 대응으로 나눌 수 있다. 이러한 대응 시스템의 운용을 위해서는 무엇보다 위험을 감지해 낼 수 있는 설비의 신뢰성이 중요하다. 기업에 설치되어 있는 위험감지 설비는 소방법에 따라 설치된 자동화재탐지설비, 산안법, 화관법에 따라 설치된 가스누출 감지기, 보안을 위해 설치된 CCTV 정도를 꼽을 수 있다.

스마트 모니터링 시스템이란 사업장에서 발생할 위험을 감지할 수 있는 감시 체계를 구축하고 감지된 위험에 즉시 대응할 수 있는 시스템이며 그 방법에 있어 IT 기술을 활용하여 발생될 수 있는 위험에 따른 대응 시나리오를 사전에 전산시스템에 입력한 후 실제로 그 위험이 발생되었을 때 대응 시나리오에 따라 대응조직(근로자)에게 애플리케이션을 통해 모바일로 대응 지침을 하달하고 대응 조직 외 근로자에게는 대피 방법과 장소를 자동으로 전송하는 시스템을 말한다.



[그림 5] 스마트 안전관리 스마트 모니터링시스템<sup>1)</sup>

1) 스마트 모니터링 : 감지된 위험에 대응하여 사전에 입력된 시나리오에 따라 비상조치를 가동할 수 있음.

사업장에서 발생할 수 있는 위험은 화재, 가스누출, 중대재해발생 뿐 아니라 다양한 사고 위험이 존재한다. 따라서 발생할 수 있는 위험을 사전에 감시할 수 있는 체계 구축이 필요하며 감시할 수 있는 IoT센서들이 최근 다양하게 개발되고 있다. 예를 들어 지능형 CCTV인 경우 기존 CCTV에 AI 영상분석 서버를 연결하여 위험구역의 침입알림, 보호구 미착용 알림, 연기감지, 근로자의 넘어짐이나 떨어짐 등의 감지 등을 수행할 수 있다. 또 밀폐공간 작업 시 통신이 가능한 휴대용 산소농도측정기를 활용하여 지속적으로 관제센터에서 작업 공간의 산소농도를 모니터링할 수 있고, 화재감지도 불꽃감지나 IR센서 등이 내장된 IoT기반 지능형 화재감지기를 설치하면 신속히 화재를 감지할 수 있다. 현재 일반 제조공장에 설치된 자동화재설비의 경우 오작동으로 인한 비화재보 비율이 52%에 달한다는 연구 결과<sup>1)</sup>가 있는 만큼 특히 화재에 위험한 장소에는 IoT기반의 지능형 화재감지기 설치가 필요하다.



[그림 6] 스마트 안전관리 지능형 CCTV HumanICT αiPlant Vision<sup>2)</sup>

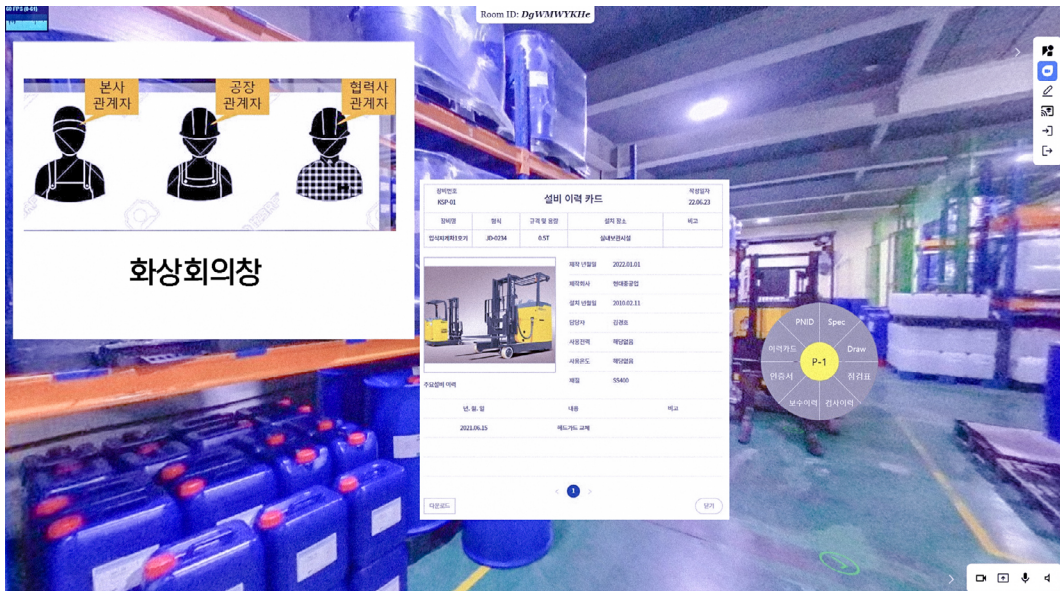
1) 김선우. "제조업 사업장 자동화재탐지설비의 비화재보 발생원인 분석." 부경대학교산업대학원, 2021.

2) HumanICT. "지능형 CCTV αiPlant Vision." 2022.



#### 4. 디지털 트윈 기반 안전관리

디지털 트윈이란 사업장의 제조·건설현장(공간)을 3D 스캐너 또는 360카메라를 통해 공간을 디지털화하여 웹 또는 컴퓨터 등을 통해 볼 수 있도록 시각화한 결과물이라 정의할 수 있다. 설비 배치도 또는 전체 배치도처럼 CAD로 구현한 것도 일종의 디지털 트윈으로 볼 수 있다. 2D 기반의 디지털 트윈도 유용하게 활용될 수 있으나 디지털 트윈을 활용한 스마트 안전관리 시스템에서는 3D 스캔을 활용한다. 3D 모델링을 구축한 후 그 공간 정보를 바탕으로 공정에 필요한 정보를 입력하거나 체크리스트 같은 점검 톨을 구축함으로써 기존 도면을 들고 현장을 가거나 체크리스트를 들고 현장을 점검하는 등 오프라인에서 이루어지는 작업을 전산화 할 수 있다. 예를 들어 현장에서 사용하고 있는 유해·화학물질에 대한 MSDS, 설비배치도, P&ID 등 각종 도면 등을 스마트 패드로 볼 수 있으며 공정 또는 설비에 대한 점검을 스마트 패드에서 수행하고 바로 결재까지 진행할 수 있도록 하면 종이로 점검한 후 결재받고 문서를 스캔하여 보관하는 등의 작업보다 업무 효율을 높일 수 있다.



[그림 7] 스마트 안전관리 디지털트윈<sup>1)</sup>

디지털 트윈 시스템을 구축하면 작업자가 접근하기 어려운 공정<sup>2)</sup>을 컴퓨터 화면을 보며 위험요인에 대한 설명을 진행할 수 있고, 특히 외주작업자의 경우 현장 상황에 대한 정보가 부족한 경우 관리자는 작업시작 전 사전 교육 시 현장을 직접 가지 않고도 현장에 대한 위험을 설명하거나 주지시킬 수 있을 뿐 아니라 비상시 대피 장소에 대한 교육도 수행할 수 있다.

1) 디지털 트윈 : 현장에 필요한 각종 정보를 연동시킬 수 있고, 화상회의 모듈, 근로자 교육 모드를 지원

2) 크린룸, 중장비 운영 현장, 유해·위험물질 취급장소 등 사고위험이 높은 공정



### III. 스마트 안전관리 확산방안

스마트 안전관리는 기본적으로 안전보건관리업무를 전산화하여 불필요한 반복작업을 없애고 디지털화된 정보를 안전보건서비스 제공 기관과 교류하여 업무의 효율성을 높이는 것이 핵심이다. 업무에 투자되는 시간이 절약되는 만큼 절약된 시간을 좀 더 현장의 위험요인을 발굴하고 개선하는데 더 할애함으로써 현장의 사고 위험을 줄여 산업재해를 예방하는데 그 목적이 있다. 하지만 IT를 활용한 전산화 시스템 구축은 보통 수억원이라는 많은 비용이 소요된다. 이런 비용 문제로 인해 현재까지는 대기업 등 일부 자금 여력이 있는 기업들만이 시스템을 구축하여 활용하고 있는 것이 현실이다.

하지만 안전보건관리 시스템을 표준화하고 클라우드 서버를 활용하여 다수의 기업에서 공통된 플랫폼을 쓰게 한다면 충분히 낮은 비용으로도 전산화 시스템을 사용할 수 있다. 이러한 예는 현재 범용 ERP 시스템처럼 월 일정 요금을 지불하고 쓰는 방식과 동일하다. 다만 표준화된 안전보건관리 시스템이 얼마나 산안법, 중처법에 맞게 설계되고 개발되었는가가 관건이므로 그 분야의 전문기관이 설계하고 개발해야 한다. 현재 대한산업안전협회에서는 IT 개발 전문업체와 컨소시엄을 구성하여 표준화된 안전보건전산관리 시스템인 ‘스마플’을 개발하고 월 일정 금액의 비용을 지불하고 사용할 수 있는 범용 프로그램을 개발 중에 있다.



#### IV. 스마트 안전관리를 위한 제도 개선 및 제언

산업안전보건법이 근로자의 안전과 생명을 지키기 위한 최소한 꼭 지켜야 하는 기준임에도 불구하고 중소기업사업장에서는 안전검사, 안전보건교육, 위험성평가 등과 같은 기초적인 법 준수를 소홀히 하는 경우가 많다. 이에 더해 올해부터는 중처법 시행으로 안전보건관리체계 구축은 물론 이행을 위한 업무가 가중되어 더 어려움을 겪고 있다. 지난 4월 중소기업중앙회에서 전국 중소제조업체(50인 이상~300인 미만)들을 대상으로 한 설문조사 결과를 보면 ‘중처법의 의무사항을 알고 있는가?’ 질문에 49.4%가 ‘정확하게 모르고 있다’라고 대답했고, ‘중처법의 경영상 부담 정도’에 대한 질문에는 81.3%가 ‘크다’라고 답했다. ‘중처법의 미준수 사유?’ 질문에는 ‘전문인력이 부족해서’가 55.4%, ‘준비 기간이 부족해서’가 53.1%, ‘예산이 부족해서’가 40.7%, ‘의무 이해가 어려워서’ 23.7% 등으로 나타났다.<sup>1)</sup>

2024년 1월 27일부터는 개인사업자 또는 상시 근로자수가 5인 이상 제조업과 50억 미만 건설공사에도 중처법이 적용되어 시행될 예정이다. 이런 소규모 사업장은 안전보건관리 뿐 아니라 중처법에 따른 안전보건관리체계와 이행에 더 어려움을 겪을 것으로 예상된다.

이를 위해서는 정부차원에서의 지원 시스템이 절실하다. 현재 시행되고 있는 50인 미만 소기업에 대한 클린사업 지원을 확대하여 유해위험요인 시설개선 비용뿐 아니라 안전보건관리 이행을 위한 전산시스템, 위험을 감지할 수 있는 IoT센서나 지능형 CCTV 등에도 지원이 필요하다. 또한 모기업과 협력업체 간의 공생협력 프로그램 등도 확대 개편하여 상대적으로 투자 여력이 많은 모기업에서 협력업체에 안전보건관리체계 구축과 이행에 도움을 줄 수 있도록 해야 한다.



1) 중소기업중앙회. "중대재해처벌법 시행 100일 중소제조업 실태조사." 2022.

## V. 마치며

4차 혁명시대를 살아가는 오늘 유독 산업안전보건 분야에서의 정보의 디지털화는 다른 산업에 비해 뒷처져 있는 것이 사실이다. 사람의 생명과 안전을 다루는 산업안전보건 분야에서의 4차 혁명 시대를 대표하는 기술의 적극적 활용은 업무의 효율을 높이는 방법이기도 하지만 결국 사람의 생명을 살리는 일이기도 하다. 산업재해 감소를 위해서는 새로운 스마트 안전관리 방안이 도입되어야 하며 인공지능, 디지털 트윈, 정보통신기술, 사물인터넷, 클라우드와 같은 기술을 활용한 시스템 측면에서의 패러다임 전환이 필요하다. 스마트 안전 분야 산업의 확산과 정착을 위한 정책과 지원에 정부, 지자체, 공공기관, 안전보건서비스 제공기관, 학계와 같이 안전보건과 관련된 주체들이 적극적으로 나서야 하며 이러한 공감대를 바탕으로 산업재해 예방을 위한 빅플랫폼(Big Platform) 구축에 적극 노력해야 할 것이다.

## 참고문헌

- 박선영. “주요 국가간 산업재해를 변화 추이 비교분석.” 산업안전보건연구원, 2020.
- 고용노동부. “2021.12월말 산업재해발생현황.” 2022.
- 고용노동부. “e-고용노동지표([https://eboard.moel.go.kr/indicator/detail?menu\\_idx=47#](https://eboard.moel.go.kr/indicator/detail?menu_idx=47#)).” 2021.
- 한국노동연구원. “산업재해의 경제적 손실비용 관련 연구.” 2018.
- 고용노동부, “22년 상반기 재해조사 대상 사망사고 현황발표.” 2022.
- 고용노동부. “산업재해현황 e-나라지표 <https://www.index.go.kr>.” 2022.
- 강원일보. “중대재해법 시행 6개월 사망자 감소에도 실효성 의문.” 2022.
- 채창근. “중대재해 사례 및 판례 분석을 통한 산업안전보건법 개선방안 연구.” 서울과학기술대학교 2021.
- 김선우. “제조업 사업장 자동화재탐지설비의 비화재보 발생원인 분석.” 부경대학교산업대학원, 2021.
- HumanICT. “지능형 CCTV 구성도.” 2022.
- 화재보험협회. “건설현장 스마트 안전관리시스템 개발 및 적용 사례.” 2019.
- 중소기업중앙회. “중대재해처벌법 시행 100일 중소기업 실태조사.” 2022.
- 대한산업안전협회. “[www.smart.safety.or.kr](http://www.smart.safety.or.kr).” 2022.



# 03

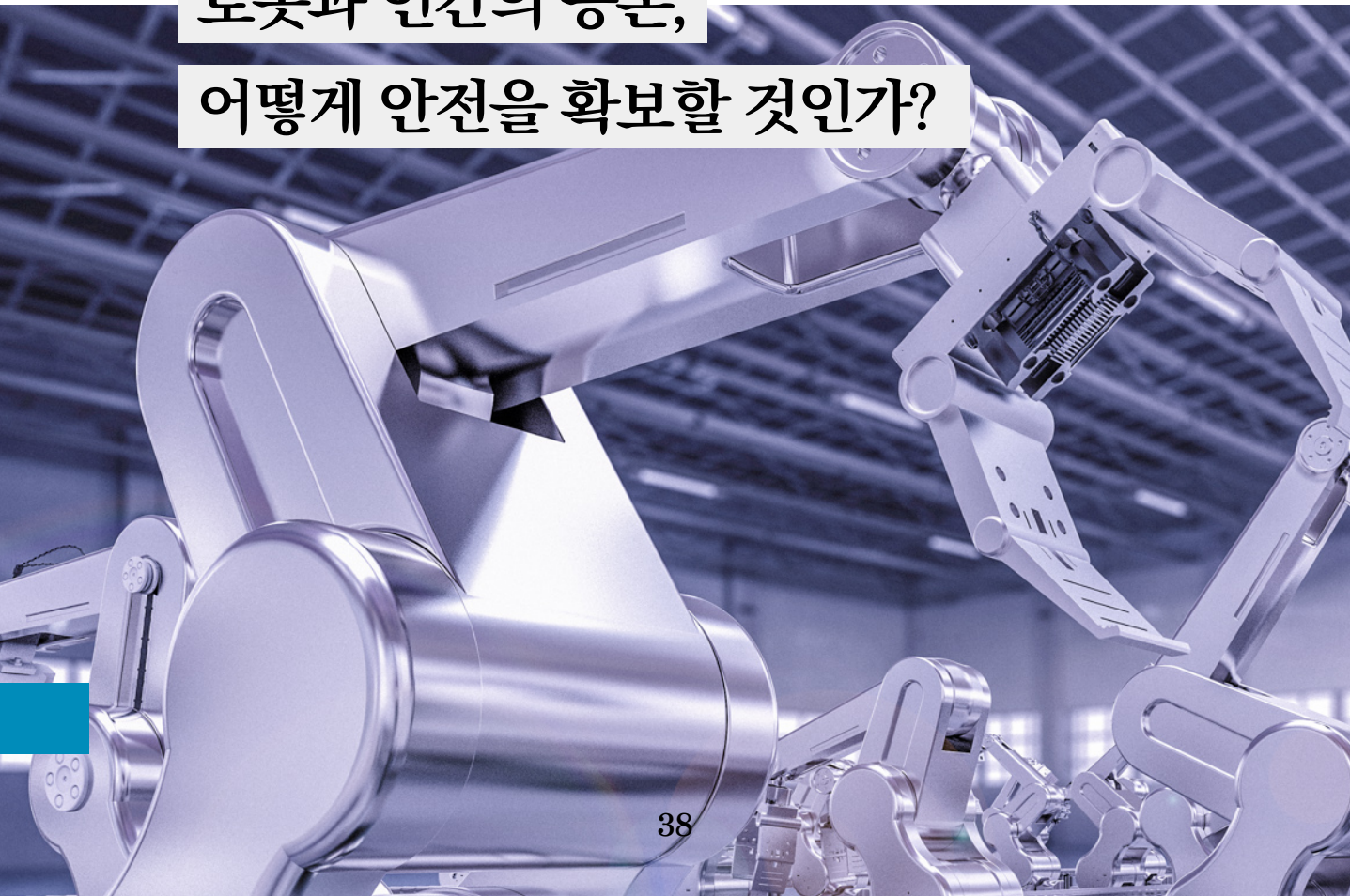
경희대학교 기계공학과

임성수 교수



로봇과 인간의 공존,

어떻게 안전을 확보할 것인가?



## 주요 내용 요약

- | 인간과 로봇의 작업영역이 안전펜스에 의해 원천적으로 분리되었던 로봇 사용 양식에서 인간과 로봇이 작업영역을 동시에 또는 순차적으로 공유하는 인간-로봇 협동작업(Collaborative Operation)의 시대로 전환하고 있으며, 이러한 변화는 제조업 환경뿐만 아니라 로봇이 일반인에게 서비스를 제공하는 다양한 서비스 환경, 가정 환경에서도 나타나고 있음.
- | 로봇의 협동작업과 관련된 안전요구조건을 규정하는 표준으로 ISO 10218-1, ISO 10218-2, ISO/TS 15066이 개발되었으며, 이 표준에서는 협동작업을 네 가지 유형으로 나누고 각 유형별로 요구되는 안전요구사항을 제시하고 있음.
- | 특히, 이전의 공간분리형 로봇 사용 양식과 극명하게 대비되는 협동작업유형인 PFL(Power and Force Limit) 협동작업에서는 로봇이 인간과 충돌 또는 접촉할 때 표준(ISO/TS 15066)에 규정된 일정한 수준의 힘과 압력 이하의 물리력만을 인간에게 전달한다면, 로봇이 움직이는 중에도 인간과의 충돌 또는 접촉이 허용됨.
- | 인간과 인간이 공간을 공유하며 함께 작업(활동)을 하는 경우, 인간은 어떤 도구를 들고 작업을 하는가에 따라 옆에서 함께 작업하는 작업자에게 상해를 입히지 않을 안전한 운동 속도와 안전한 도구 운영 궤적을 찾아낼 수 있는 것처럼, 로봇이 인간과 공존하기 위해서는 운동지능뿐만 아니라 안전지능을 확보할 필요가 있으며, 이러한 로봇 안전지능의 초기 기술이 세계 최초로 한국에서 개발되어 협동작업의 안전성 평가와 협동작업의 안전한 제어에 사용되고 있음.



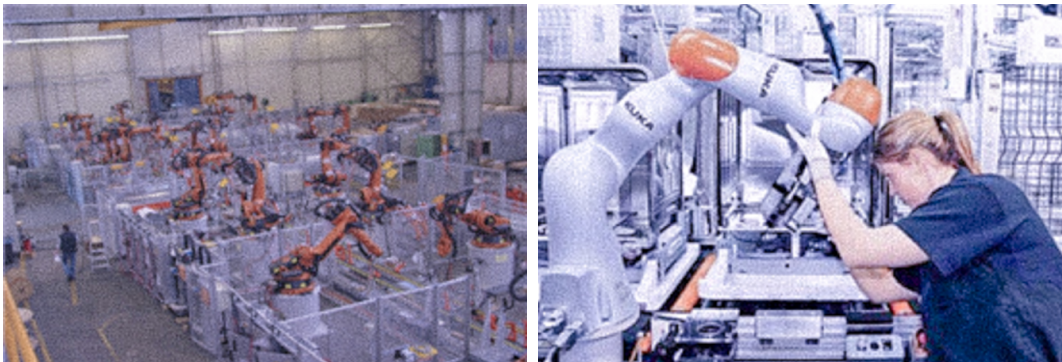


## I. '인간-로봇 공간공유 시대'로의 전환

최근 들어 세계 산업현장에서 회자되고 있는 '4차 산업혁명'은 생산, 제조, 서비스 등의 모든 산업 분야에서 일어나고 있는 일련의 혁명적 기술 혁신을 가리킨다. 4차 산업혁명의 본질과 개념에 대해서 다양한 설명이 가능하지만, 크게 나뉘는 두 가지 분야 즉, 인지, 학습, 판단과 관련된 분야의 '지능 혁명'과 물리적 상황 변화(행동)를 실행하는 분야에서 '로봇(기계)의 역할 증대'로 설명할 수도 있다.

우리는 지금, 인간의 인식, 판단, 명령에 따라 행동하던 과거의 로봇 사용양식을 넘어서 로봇이 인간을 온전히 대신할 수 있는 시대로 넘어가는 문턱에 들어섰다. 이러한 인지, 로봇 혁명의 흐름과 더불어 로봇산업에 나타나고 있는 또 하나의 큰 흐름은 바로 로봇과 인간이 작업공간을 공유하는 시대로의 전환이다. 이러한 공간공유 형태의 작업을 우리는 인간과 로봇의 협동작업(Collaborative Operation)이라고 부르고, 이러한 협동작업에 사용되는 로봇을 협동로봇(Collaborative Robot, CoBot)이라고 부른다. 최근까지 로봇은 인간의 작업공간과 엄격하게 분리된 로봇만의 작업공간에서 사용되어 왔으나, 로봇 기술 고도화로 협동로봇, 웨어러블 로봇, 이동형 매니퓰레이터 등 다양한 인간-로봇 협동형 로봇이 출시되면서 로봇이 산업변화, 사회변화의 기폭제 역할을 할 것으로 기대되고 있다.

공간분리형 로봇은, 인간의 안전에 미치는 위험성을 비교적 쉬운 기술적 조치로 관리하고 감소할 수 있었다. 그러나, 인간과 로봇이 공간을 동시 또는 순차적으로 공유하는 경우에 인간과 로봇의 충돌 또는 접촉 가능성은 상존할 수밖에 없으며, 이러한 가능성으로 인한 안전 이슈가 이전의 공간분리형 로봇에 비해 더 복잡한 양상으로 나타나게 되었다.



[그림 1] (좌)공간분리형 로봇시스템 사례와 (우)공간공유형 또는 협동작업용 로봇시스템 사례

제조산업 환경에서 2013년에 처음 도입된 협동로봇은 그 유용성이 입증되면서, 점차 일반 대중을 대상으로 하는 다양한 서비스 영역으로까지 활용범위가 넓어지게 되었다. 특히, 2019년에 발생한 코로나 사태는 인간과의 대면보다 로봇과의 대면, 로봇과의 협동작업이 오히려 안전할 수 있다는 인식을 퍼뜨리는 기폭제가 되었고, 일반 대중이 로봇과의 공존을 자연스럽게 받아들이는 전환기를 가져왔다.



[그림 2] (좌)식당 내 서빙로봇 (우)닭 튀기는 로봇

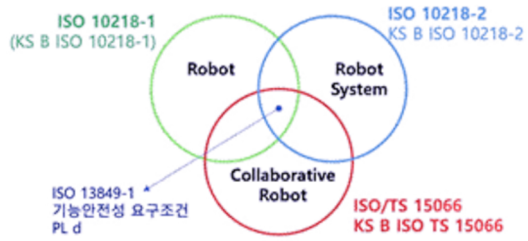
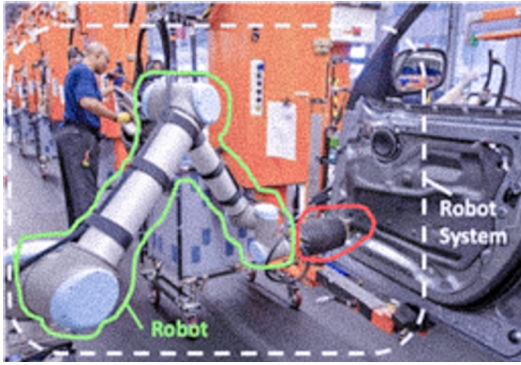
인간과 로봇의 협동작업, 인간과 로봇의 공존은 ‘4차산업혁명’의 지향점에 해당하는 무인화, 완전 자율화를 향해가는 필수적인 과도기이자, 미래 로봇사회의 한 단면이기도 하다. 이 글에서는, 인간과 로봇의 안전한 협동작업을 위해서 요구되는 로봇의 안전요구조건과 협동작업의 안전성을 평가하는 방법, 안전한 로봇 제어방법 등의 최신 기술동향을 소개하고자 한다. 특히 인간과 로봇 사이에 의도되거나 또는 의도되지 않은 충돌-접촉과 관련된 위험성을 분석 평가하고, 충돌-접촉을 위험하지 않도록 제어하는 기술에 대해서 주로 설명하고자 한다.

## II. 협동작업 안전요구 조건

2013년에 독일 Volkswagen 공장에 양산형 협동로봇이 세계 최초로 도입된 이후, 로봇은 안전 펜스 밖으로 나와 본격적으로 인간과 작업공간을 공유하고, 함께 작업하는 시대가 시작되었다. 인간과 작업공간을 공유하는 로봇의 등장은 필연적으로 인간의 안전을 지키기 위한 로봇 안전기술 수요와 로봇 안전성 평가 및 인증의 필요성을 증대시켰다.

산업용로봇의 안전요구조건 표준을 제정하고 관리하는 ISO TC299 WG3(Industrial Robot)에서는 협동로봇시장의 파급성을 인식하고, 수 년 간의 국제회의를 통해 2011년에 산업용로봇 안전요구조건 표준 ISO 10218-1 (Robots and robotic devices - Safety requirements for industrial robots - Part 1: Robot ) 개정판에 기존의 공간분리형 산업용로봇, 협동로봇의 안전요구조건을 포함하였고, 같은 해에 제정된 표준 ISO 10218-2(Robots and robotic devices - Safety requirements for industrial robots - Part 2: Robot systems and integration)에는 협동작업용 로봇시스템과 협동작업에 관련된 안전요구조건이 제시되었다. 이후, 시장의 수요로 인해 협동작업과 관련된 안전요구조건을 보다 상세하게 기술해야할 필요성이 추가로 제기되어 수 년 간의 개발 끝에 2016년에 ISO/TS 15066(Robots and robotic devices -- Collaborative robots)이 제정되었다. 양산형 협동로봇이 최초로 상용화되기 이전인 2011년에 협동로봇 및 협동작업에 대한 안전요구조건이 표준화된 배경은, 협동로봇 시장 창출을 목적으로 2008년에 설립된 유럽기반 로봇회사의 선제적 국제표준화 작업참여와 기존의 공간분리형 일반산업로봇을 안전펜스 없이 인간과의 협동작업이라는 새로운 방식으로 활용하고자 하는 산업계의 수요가 함께 반영된 결과였다.

위에서 언급한 산업용로봇 관련 국제표준의 제목에서 눈여겨봐야 할 부분 중 하나는, 로봇과 로봇시스템을 구분해서 문서가 작성된 점이다. 국제표준에서는 그림 3과 같이 로봇과 로봇시스템을 구분한다. 로봇은 관절과 구동부 등으로 구성된 기구학적 연결 구성체이며, 로봇에 도구 하나라도 추가되는 순간 로봇시스템이 구성되는 것이다. 로봇시스템은 정확히는 '로봇 + 도구 + 주변기기 + 주변환경(장애물 포함)'이라고 정의된다. 로봇시스템은 로봇이 갖는 위험원과 위험상황을 공유하는 부분도 있지만, 서로 다른 위험원과 위험상황이 있을 수 밖에 없다. 예를 들어 매우 날카로운 도구를 사용하는 경우를 상상해보면, 로봇은 안전하다고 할 수 있지만, 날카로운 도구가 포함된 로봇시스템은 안전하다고 볼 수 없는 상황이 될 수도 있다.



[그림 3] (좌)로봇과 로봇시스템 범위 (우)로봇, 로봇시스템, 협동로봇 관련 국제표준 관계

ISO 10218-1,2와 ISO/TS 15066은 로봇을 활용하는 협동작업을 표 1과 같이 네 가지 종류로 구분하여, 각 작업별로 위험원, 위험상황, 위험사건 등을 고려하고, 각 경우에 선택할 수 있는 방호장치와 추가 안전조치를 제시하고 있다.

[표 1] 협동작업의 종류 및 기본적 안전요구조건

| 협동작업 종류                                                | 기본적 안전요구조건 개념                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 안전정격 감시 정지<br>(Safety-rated monitored stop, SMS)       | 사람이 보호영역 안으로 진입한 경우 로봇은 움직이지 않는다(로봇 속도 = 0, 전력 공급 유지 가능).                                                         |
| 핸드가이딩<br>(Hand guiding, HG)                            | 로봇은 사람으로부터 접촉을 통해 직접적으로 주어지는 유도 명령에 따라서만 움직인다.                                                                    |
| 속도 및 이격거리 감시<br>(Speed and separation monitoring, SSM) | 로봇과 사람 사이의 간격과 사람과 로봇의 상대속도에 따라서 로봇의 속도를 감속하여, 로봇이 사람과 일정한 안전거리 이내로 접근하는 경우 로봇은 움직이지 않는다(로봇 속도 = 0, 전력 공급 유지 가능). |
| 일률 및 힘 제한<br>(Power and force limiting, PFL)           | 로봇과 사람이 접촉하더라도 로봇이 사람에게 상해를 발생하지 않을 정도의 힘과 압력을 전달한다면 로봇은 임의의 속도로 움직이는 것이 허용된다(로봇 속도 > 0, 전력 공급 유지 가능, 충돌 허용).     |



기존 로봇 안전관련 여러 표준에 비해 ISO/TS 15066문서가 갖는 주요한 차별성은 인간과 로봇의 충돌·접촉에서 허용되는 생체역학적 기준(힘, 압력)값을 명시적으로 제시하고 있다는 점이다. 이 임계치는 그림 4에 보인 바와 같이 독일 재해보험조합의 후원으로 독일 마인츠대학에서 수행한 인체 시험데이터를 기반으로 작성되었다. 이 시험에서 신체 주요 29개 부위에 준정적 기계적 자극을 가하고 피시험자가 느끼는 통증시작점에서의 힘과 압력을 측정하여 물리적 작용력(힘, 압력)의 허용 기준으로 정한 것이다. 이와 같은 시험은 한국의 경희대에서도 수행된 바 있으며, 경희대의 시험 결과를 참고하여 독일의 응용과학연구소 프라운호퍼(Fraunhofer)에서 추가시험이 계획되어 현재 진행 중이다. 향후 경희대와 프라운호퍼(Fraunhofer)의 협력을 통해 매우 보수적으로 설정되어 있는 현재의 ISO 생체역학적 기준값을 보다 현실화하여 안전성과 생산성을 모두 확보할 수 있는 새로운 생체역학 기준이 국제표준으로 제안될 것으로 기대된다.



[그림 4] 인체를 대상으로 수행된 기계적 접촉에 대한 신체부위별 통증 임계치 측정 시험 사례  
(좌) 독일의 실험 장면, (우) 경희대 로봇공학연구실 실험 장면

위에서 설명한 협동작업을 생산성과 부가적인 센서 사용 필요성 측면에서 비교하자면, ‘속도 및 이격거리 감시 협동작업’은 사람과 로봇이 접촉하기 직전까지 로봇을 구동할 수 있다는 면에서 안전 정적 감시 정지 협동작업에 비해 더 생산성을 높일 수 있으며, ‘PFL 작업’은 충돌 시에도 로봇을 정지할 필요 없이 계속 작업을 진행할 수 있다는 면에서 가장 높은 생산성을 확보할 수 있는 작업 방식이다. 또한, ‘안전정적 감시 정지 작업’과 ‘속도 및 이격거리 감시 작업’은 사람이 보호영역에 진입하였는지를 감지하는 센서, 사람과 로봇 사이의 거리를 신뢰성 있게 지속적으로 감시하는 센서를 필요로 한다는 점을 고려하면 서비스산업 환경처럼 매우 복잡하고 비정형인 환경에 적용하기에는 로봇 활용성에 제약이 있거나 비용이 증가할 수 있다.

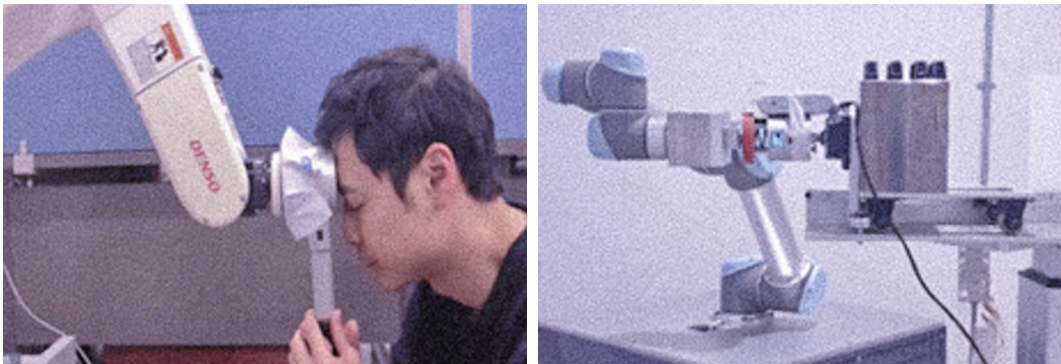


### III. 협동작업의 위험성 평가방법

여기서는, 앞서 설명한 네 가지 협동작업 유형 중, 작업방식과 안전요구조건 면에서 기존의 공간 분리형 산업용로봇 사용양식과 가장 큰 차이를 보이는 PFL 협동작업 위험성 평가방법에 대해서 설명하도록 하겠다. 비록 ISO/TS 15066 표준에서 접촉·충돌시 허용되는 생체역학적 기준치(힘, 압력)를 제시하고 있으나, 실제 로봇시스템이 이 조건을 만족하는지 여부를 평가하는 것은 쉽지 않은 일이다. 특히, 로봇의 형상, 로봇에 부착되는 도구의 형상, 작업물의 형상에 따라 급격하게 변화하는 접촉압력 분포를 고려하면 더욱 그렇다.

우리가 직관적으로 생각할 수 있는 접촉·충돌 허용 물리력(힘과 압력) 충족여부 평가 방법은 로봇을 힘과 압력을 계측하는 장치에 직접 부딪혀서 발생하는 힘과 압력을 측정하고, 그 값이 ISO/TS 15066에 제시된 값 이하임을 증명하는 것이다. 이러한 평가는, 안전관점에서 그림 5 좌측 사진에 보인 것처럼 실제 인체를 대상으로 할 수는 없으며, 인체와 같은 역학적 특성(질량, 강성 등)을 갖는 인체 더미를 기반으로 제작된 측정기기를 사용해야만 한다. 이러한 측정기기가 갖춰야할 물리적 조건은 ISO/TS 15066에 측정대상 신체부위별로 제시되어 있다.

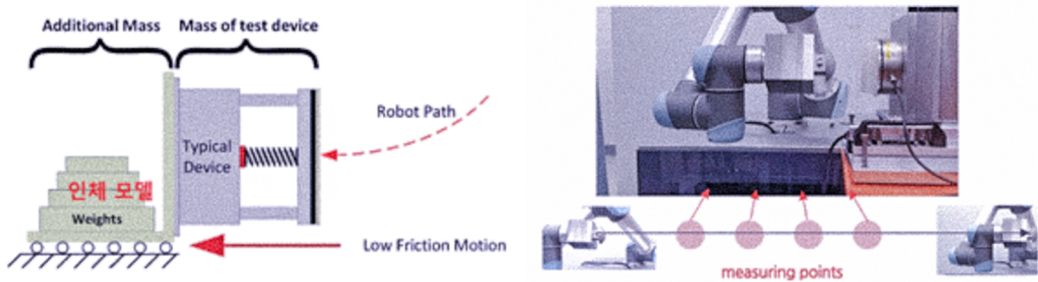
그림 5의 우측 사진에 보이는 충돌위험성 측정시험기기는 질량체(측정 신체부위에 따라 다른 질량 사용)와 질량체 앞면에 부착된 인체강성, 인체감쇠 등의 특징을 모사한 충돌접촉면, 힘센서, 압력센서 등으로 구성되어 있다.



[그림 5] 로봇의 충돌력과 충돌압력 측정 실험 사례

(좌) 인체대상 측정, (우) 인체모방 측정 기기를 활용한 측정(이 기기는, 경희대에서 국제표준요구조건에 맞춰 개발한 협동작업 충돌위험 측정시험기기이며, (주)세이프텍스에 기술이전하여 상용화되었음)

그림 6의 왼쪽에 충돌위험 측정시험기기의 개념도에 나타난 것과 같이, 이 기기의 질량체(인체 부위 모사)는 수평방향으로 저항없이 자유롭게 움직일 수 있어야하고, 충돌면은 로봇의 운동방향에 수직방향이어야 한다. 이 조건을 만족하기 위해서는 지면에 대해 수평하게 움직이는 운동에 대한 충돌력을 측정하는 것이 가능하나, 중력의 간섭으로 인해 지면에 평행하지 않은 방향의 로봇 운동(예를 들면 수직 방향)에 대한 충돌력 측정은 할 수 사용할 수 없다는 한계가 있다. 또한, 그림 6의 오른쪽 그림 처럼, 로봇의 전체 운동궤적 중 가장 위험한 충돌위치(자세)를 찾아내려면 로봇의 이동경로 상 모든 점에서 모든 충돌방향(특히 로봇의 형상특성에 민감한 충돌 방향)에 대한 측정시험을 진행해야 한다. 충돌 시험을 정확히 수행하기 위해서는 충돌시험기기의 충돌면을 로봇의 운동방향의 수직방향으로 정렬 하여야 하는데, 정렬오차에 따른 충돌압력 값의 변화가 크기 때문에 정렬작업에 매우 어려움이 따른다. 더욱이, 로봇이 이미 생산라인에 설치된 이후에는 시험기기를 설치할 수 있는 공간을 확보할 수 없는 경우가 대부분이다. 충돌 시험을 수행하는데 소요되는 시간과 비용, 접근성의 한계 등을 고려할 때 측정시험 기반 위험성 평가는 현실적으로 수용할 수 없는 접근 방법이다.



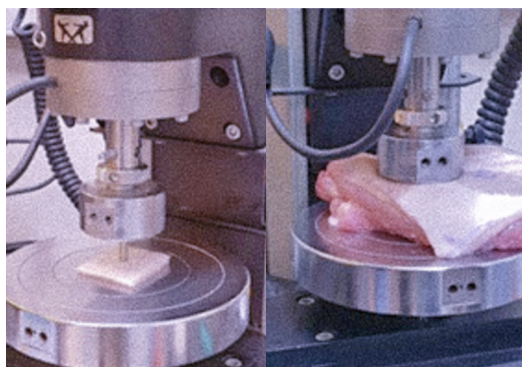
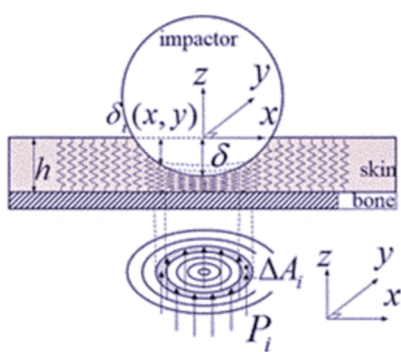
[그림 6] (좌) 충돌위험 측정시험기기 개념도, (우) 로봇의 이동궤적에 따른 충돌위험도 측정 포인트 사례

## IV. 로봇의 운동기능과 안전기능

이러한 현실적 어려움을 극복하고자 최근에 제안된 기술이 인체충돌 모델 기반 충돌위험성 평가 방법이다. 충돌모델을 이용하면 다양한 로봇 자세와 운동조건에 대해서 충돌안전성을 손쉽게 빠르게 평가할 수 있다. 이는 마치 건축물의 구조 안전성 평가를 위해 건축물을 직접 시험하는 대신 역학 이론에 근거해서 개발된 수치해석프로그램을 이용해서 수행한 구조해석 보고서를 평가하는 것과 마찬가지로 개념이다.

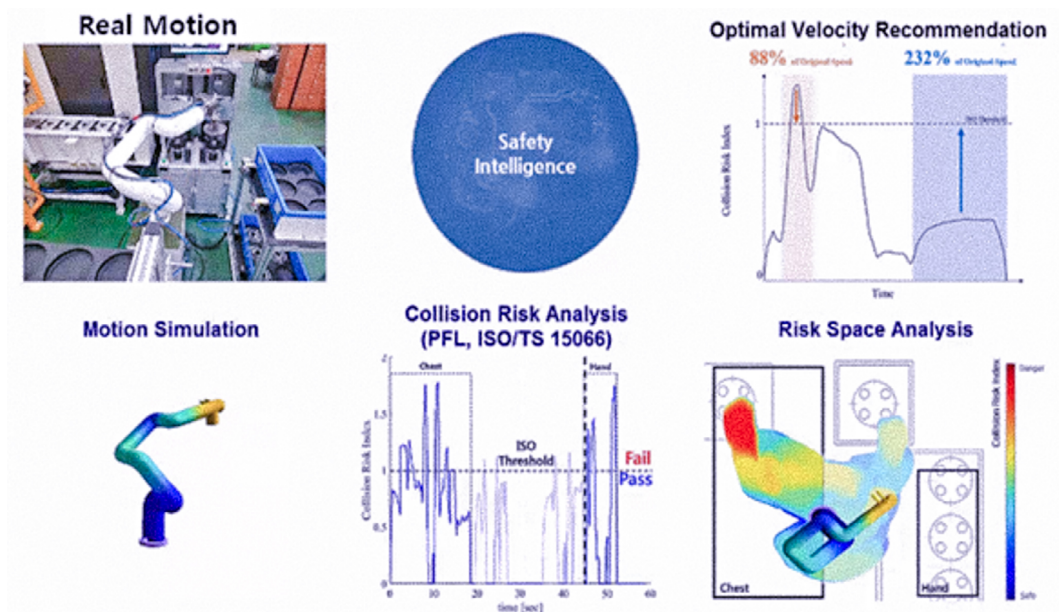
ISO에서 2016년에 이미 PFL 협동작업에 대한 안전요구조건(생체역학적 한계치 등)을 국제표준화 하였으나, 이 안전요구조건의 충족여부를 평가하는 기술과 안전한 접촉 제어 기술을 미처 개발하지 못한 상태에서 협동로봇 시장이 열리게 되어 국내외 산업계의 혼란이 존재해왔다. 그러던 중 한국에서 최초로 충돌시험에 의한 평가방법의 한계를 극복할 수 있는, 인체충돌 모델 기반 충돌위험성 평가 방법이 개발되어 상용화되었다.

그림 7은, 경희대에서 세계최초로 개발하여 상용화한 인체충돌 모델 기반 충돌위험성 평가 SW의 충돌모델 개념도와 개발과정에서 수행된 인체모델 물성치 확보를 위한 동물 시험관련 사진이다.



[그림 7] (좌) 충돌위험 추정을 위한 충돌해석모델 (우) 충돌위험성 추정 SW에 포함되는 인체 충돌모델관련 물성치를 도출하기 위한 동물 실험 사례(경희대 로봇공학연구실)

그림 8은, 충돌 위험성 평가 SW를 실제 협동작업에 적용하여 충돌위험성을 평가한 사례이다. 로봇제조사로부터 쉽게 얻을 수 있는 로봇의 형상, 관성 정보와 로봇 끝단에 부착되는 말단장치 형상 정보, 로봇의 동작프로그램을 평가 SW에 입력하면 단 수분 만에 프로그램된 로봇의 움직임에 따른 로봇 부위별 충돌위험성(충돌시 발생하는 충돌력과 충돌압력)을 계산하여 ISO 허용기준값과 비교한다. 자세별, 로봇 운동경로별로 계산된 위험성을 다른 색상(청색-낮은 위험도, 적색-높은 위험도)으로 표시하거나, ISO 허용기준값 대비 비율로 표시하여주기도 한다. 이러한 충돌모델을 이용한 충돌 위험성 평가방법은 그 정확성 면에서 이미 충돌시험평가에서 관찰되는 시험오차 수준 정도의 신뢰성을 확보했다.



[그림 8] 충돌위험성 해석 SW를 이용하여 실제 협동작업 로봇시스템의 충돌위험성을 평가한 사례

협동로봇설치작업장 인증을 수행하는 한국로봇산업진흥원에서는 이미 2021년에 충돌모델기반 위험성 평가 SW를 사용하여 작성된 위험성 평가보고서를 기반으로 아이스크림 제조 협동작업 시스템의 PFL 협동작업 안전성에 대한 인증서를 발행한 사례가 있다(그림 9 참조). 앞서 언급한 측정기기를 이용한 위험성 평가방법의 한계와 비용을 고려할 때 현실적으로 유일한 접근방법이라는 점에서 지속적으로 발전이 기대되는 분야이다.





[그림 9] (좌) 아이스크림 서비스 로봇 매장(서울시 성수동), (우) 아이스크림 로봇에 대한 충돌위험성 해석 SW의 평가결과를 근거로 한국로봇산업진흥원에서 발행한 PFL 협동작업 적합성 인증서

이 충돌위험성 추정 충돌모델 SW를 이용하면, 로봇이 움직이는 동안에도 협동로봇의 충돌안전성을 실시간으로도 계산할 수 있으며, 이를 이용하면 협동로봇의 현재 속도와 자세가 ISO표준에서 허용되는 위험성을 갖는지 여부를 실시간으로 판단하여, 매 순간 안전하면서도 가장 빠른 로봇의 운동 속도와 자세를 계산하여 로봇을 제어 할 수도 있다.

이 충돌위험성 해석 SW를 활용하면 추가 센서의 사용 없이도 로봇 스스로 안전한지 판단할 수 있으며, 이는 사람이 스스로의 동작이 얼마나 위험한지를 인지하는 것과 같은 지능으로 발전할 수 있다. 이러한 지능을 로봇의 안전지능(Safety Intelligence)이라고 부를 수 있다. 지금까지 대부분의 로봇 관련 연구는 로봇의 운동을 어떻게 보다 정밀하고, 정확하고 빠르게 할 것인가, 즉 로봇의 운동 지능을 어떻게 향상할 것인가에 집중되어 왔다. 로봇이 안전펜스를 넘어 인간과 공존하며 복잡한 환경 내에서 다양한 움직임을 안전하면서도 빠르게 수행하기 위해서는 로봇이 인간 수준 또는 그 이상의 안전지능을 갖춰야만 한다. 안전지능의 기본은 로봇 스스로 자신이 얼마나 위험한지를 자각할 수 있는 평가 능력과 그 위험성 평가 결과에 따라서 로봇의 운동을 스스로 조절할 수 있는 기능이다.

사람이 주변환경과의 다양한 물리적 접촉 경험을 통해, 같은 어떻게 다뤄야 안전하고, 망치는 어떻게 다뤄야 안전하며 옆에서 함께 일하는 동료에게 상해를 입히지 않기 위해서는 어떤 속도로 움직여야 하는지를 학습하는 것처럼, 인간과 같은 수준의 로봇 안전지능의 개발도 충분히 가능하다. 이미, 협동작업 안전성 인증서의 근거로 활용되고 있는 충돌위험성 평가 SW의 사례가 그러한 판단의 근거라고 생각한다.

## V. 마치며

산업용로봇뿐만 아니라 서비스 로봇, 재난구조로봇, 국방로봇 등 다양한 형상과 다양한 기능의 로봇이 인간-로봇 공존환경에서 활용되는 것을 목표로 시장에 등장하고 있다. 협동작업의 다양성과 협동로봇시스템의 복잡성을 몇 개의 단답형 안전요구조건으로 해결할 수 없다는 점은 점점 더 명확해지고 있다. 개별 작업상황의 특수성을 충분하고도 유연하게 고려하여 다양한 로봇시스템의 활용성을 제약하지 않으면서 안전성과 생산성을 동시에 확보하기 위해서는 '위험성 평가에 기반한 위험성 감소 조치의 확인과 검증'방식의 채택은 더 이상 피할 수 없는 시장의 요구이다.

물론, 위험성 평가의 어려움과 위험성 평가방식 보다 단답형 안전요구조건을 선호하는 시장의 저항은 빠른 시간 내에 쉽게 극복하기 어려울 수 있다. 다만, 로봇안전성 평가 및 위험성 감소를 위한 새로운 기술을 적극적으로 도입하고 활용하도록 함으로써 위험성 평가 비용과 그로 인한 수요자의 저항을 최소화하는 길을 모색할 수밖에 없지 않은가 하는 생각이다. 안전펜스를 넘어 인간세상으로 밀려들어오는 로봇의 물결은 더 이상 막을 수 없으며, 인간-로봇 공존 시대에 세계적으로 팽창하고 있는 로봇안전 평가, 인증 및 로봇안전 기술 시장을 한국이 선점할 수 있기를 기대한다.

## 참고문헌

---

→ 임성수 외, AI로봇기반 인간-기계협업기술 개론, 어나더스쿨, 2021 (ISBN 979-11-976094-0-4).



로봇과 인간의 공존: 어떻게 안전을 확보할 것인가?





# OSHRI : Practice

01. 고객 등 제3자의 폭언 등에 의한 건강보호범위 해석지침 개발

02. 국내 보급형 수동식시료채취기 개발

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

## 01

## 고객 등 제3자의 폭언 등에 의한 건강보호범위 해석지침 개발

산업안전보건법의 적용에 있어서 업무관련성은 가해행위 자체가 근로자에게 업무관련성이 있어야 하며 제3자는 고객에 준하는 제3자로 범위를 명확히 정의하여 사업주와 고용관계를 맺고 있지 않은 자, 근로자의 노무를 제공받는 고객 등 업무 상 이해관계가 있는 자, 사업주의 법률상 대리인, 그 외 사회통념상 유사한 지위에 있다고 보는 자에 해당이 된다. 이러한 경우 업무관련성 등이 해당이 되거나 인정이 되면 사업주는 즉시 근로자에 대한 보호조치를 취할 수 있도록 해야 한다.

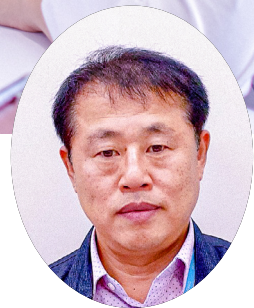


**연구책임자**  
백은미 교수 | 가톨릭대학교

**연구상대역**  
류향우 부장 | 울산지역본부



백은미 교수



류향우 부장

## I. 배경

산업안전보건법 제41조(고객의 폭언 등으로 인한 건강장해 예방조치 등) 제2항 개정으로 고객의 폭언 등으로 인한 건강장해가 발생하거나 발생할 현저한 우려가 있는 경우 보호조치를 해야 하는 범위가 '고객'에서 '업무관련고객 등 제3자'까지로 확대되었다. 이에 대해 근로자와 제3자와의 사적인 관계에서 발생한 모든 상황에 대하여 사업주에게 조치의무를 부과할 수 없으므로 사업주 지배관리 밖 상황의 해석지침을 마련하는 것에 목적이 있다.

## II. 실용화 내용

### 업무관련성

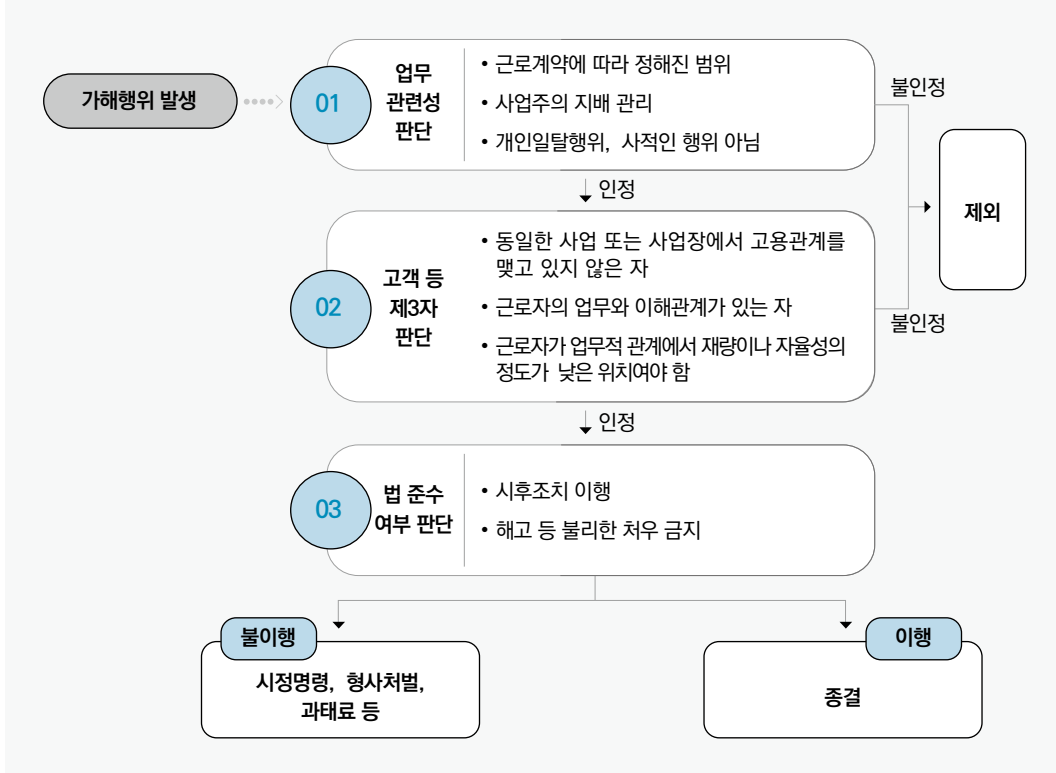
업무관련성은 사전적 정의, 유사용어, 법률적 정의를 토대로 1회성이 아닌 계속적으로 반복되는 사무를 말하며 근로자 등이 업무를 하면서 벌이는 사회적, 경제적 활동과 관련된 활동으로 볼 수 있다. 법률측면을 검토하면 남녀고용평등법에서는 당사자의 관계, 장소, 행위의 내용과 정도의 상황을 보고 판단한다. 직장 내 괴롭힘 금지 규정 또는 조항에서는 포괄적인 업무수행에 대해 판단할 수 있다고 하였다. 산업재해보상보험법에서는 업무상 사고는 업무를 수행하던 중으로 사업주의 구체적인 지시를 위반한 행위, 정상적인 경로를 벗어났을 때는 업무상 사고로 보지 않으며, 사업주가 근로자에게 업무와 관련한 행사 참가와 통상적, 관례적으로 인정한 경우는 업무상 사고에 해당이 되어 적용이 되는 것으로 본다. 이를 기초로 업무관련성은 업무범위에 포함되어야 하며 사업주가 예측할 수 있는 지시나 통제 하에 있어야 하며 사업주의 통제에서 개인이 개별적으로 이탈하는 행위는 아닌 것으로 추출할 수 있었다.

### 제3자

제3자는 사전적 정의, 매뉴얼에서의 용어, 법률적 정의에서 당사자 이외의 자이며 직장 내 성희롱 예방대응 매뉴얼에서 '고객 등 업무와 밀접한 관련이 있는 사람'은 고객, 거래처 직원 등 피해자와 같은 사업장에 소속되어 있지 않으나 업무와 밀접한 관련이 있는 제3자라고 하며 산업재해보상보험법 제87조(제3자에 대한 구상권)에서 제3자와 대법원 판례에서의 제3자는 당사자이외의 자를 지칭한다. 이를 토대로 한 이법에서의 제3자는 사업주와 고용관계가 없으나 근로자와는 업무의 이해관계가 있으며 업무적 관계에서 우위인 자를 추출하여 볼 수 있었다.

## 종합판단

업무관련성을 먼저 판단하여 관련성이 있는 경우에 사업주 보호조치 의무를 인정하고, '제3자'의 순서의 판단요건에 적용되면 인정하도록 한다. '업무'와 '제3자'에 대한 판단기준을 통하여 모두 해당이 되는 경우 사업주는 보호조치를 해야 한다.



[그림 1] 판단 흐름도

## 적용모형

본 연구에서 '업무'와 '제3자'에 대한 적용 모형을 [그림 2] 과 같이 제시하였다.

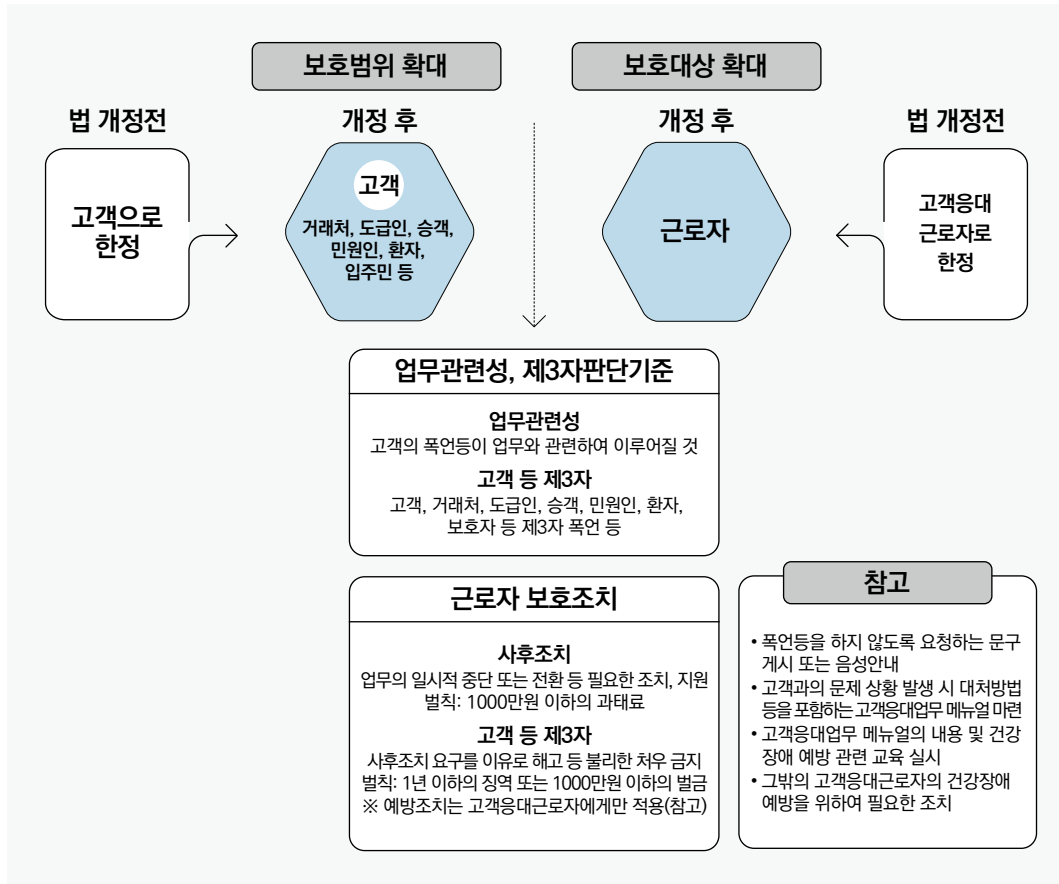
| 구 분   | 법 개정 전  | 법 개정 후   |
|-------|---------|----------|
| 업무 적용 | 고객으로 한정 | 고객 등 제3자 |
| 근로자   | 고객응대근로자 | 전 근로자    |

[표 1] '업무적용', '근로자'의 개념변화

법 개정 전에 '업무적용'은 고객으로 한정된 사항이었으나 법 개정 후에는 고객 등 제3자로 확장하였으며 '근로자'는 법 개정 전에는 고객응대근로자인 명칭에 대해, 법 개정 후에는 전 근로자로 확장된 개념으로 정의하였다.



업무관련성은 가해행위 자체가 근로자에게 업무관련성이 있어야 하며 제3자는 고객에 준하는 제3자로 범위를 명확히 정의하여 사업주와 고용관계를 맺고 있지 않은 자, 근로자의 노무를 제공받는 고객 등 업무 상 이해관계가 있는 자, 사업주의 법률상 대리인, 그 외 사회통념상 유사한 지위에 있다고 보는 자에 해당이 된다. 예를 들면 거래처, 도급인, 민원인, 승객, 환자, 보호자 등이 포함된다. 이에 해당하는 자가 근로자에게 폭언 등의 가해행위를 한 경우 업무관련성 등에 대하여 판단 흐름도에 따라 판단하여 해당이 되거나 인정이 되면 사업주는 즉시 근로자에 대한 보호조치를 취할 수 있도록 해야 한다.



[그림 2] 산업안전보건법 개정 후의 모형

### III. 제언

2021년 산업안전보건법 전면 개정으로 법령 범위에 대한 해석 지침을 제공하고자 하였다. 이러한 해석지침에 대해 그 법령 대상이 되는 사업주와 근로자 모두 이를 숙지해야하고, 이를 적극적으로 홍보할 필요가 있다. 따라서 해당 법령은 근로자가 피해를 입었을 때, 적극적으로 대처하기 위함이므로 이에 대해 사업주가 근로자에게 교육을 해야 한다.

본 연구는 문헌고찰과 규정을 통해 판단요소를 추출하였고, 사례는 각 관계를 포함하기 위하여 노력하였으나, 실제 현실에서 이루어지는 모든 상황을 포함할 수는 없었다. 판단이 모호한 사례는 사회통념상 인정이 된다고 보는 보호조치를 할 수 있도록 해야 한다. 또한 업종별로, 사업장별로 각기 다른 사례가 발생할 것으로 보이므로 사업장에서도 이에 대한 정책 등이 요구된다.

#### 참고문헌

- … 고용노동부, 안전보건공단(2020). 고객응대근로자 건강보호 가이드라인.
- … 고용노동부(2019). 직장 내 괴롭힘 판단 및 예방 대응 매뉴얼.
- … 김상우(2019). 현행법상 고객응대근로자보호제도의 개선방안 - 감정노동자 보호를 위한 일반규정의 안착 및 발전을 위하여. 서울대학교 공익인권 법센터.
- … 김인아(2015). 감정노동으로 인한 업무상 질병 인정범위 및 기준에 관한 연구. 고용노동부.
- … 김정필(2020). 이것은 업무인가, 저것은 방해인가, 그래서 업무방해인가. 한겨레 2020.1.12.
- … 문준혁(2016). 직장 내 폭력으로부터 근로자 보호. 산재보험법과 산업안전보건법을 중심으로. 사회보장법연구. 2016. 5(2).
- … 방강수(2019). 감정노동자의 법적보호. 한양대학교 대학원. 박사학위논문.
- … 방강수(2020). 일터 괴롭힘, ILO 협약과 국내 법규의 통합적 규율
- … 박재용(2021). 도시철도공사, 청소용역업체 관리자 폭언 논란. 시사위크. 2021.06.11.
- … <http://www.sisaweek.com/news/articleView.html?idxno=6213>
- … 백은미, 정혜선, 이복임, 최은희, 정명희, 신통원, 김유리, 문지현, 김영미(2020). 고객응대 근로자 보호제도 효과성 분석 및 제도 개선 방안. 안전보건공단.
- … 백은미, 정혜선, 이복임, 최은희, 정명희, 신통원, 김유리, 문지현, 김영미(2020). 고객응대 근로자 보호제도 효과성 분석 및 제도 개선 방안. 안전보건공단.

- 백은마·최은숙·양선화·이윤정·이지선·문지현·조수현(2019). 직장 내 괴롭힘으로 인한 건강영향 예방대책 개발 - 조치 기준, 지도 및 지원 방안 마련 중심으로 - 산업안전보건연구원
- 이민선. 주차금지 딱지 붙였다가 맞아... 아파트 경비원 첫 산재 인정. 오마이뉴스. 2021.01.15.
- [http://www.ohmynews.com/NWS\\_Web/View/at\\_pg.aspx?CNTN\\_CD=A0002711455](http://www.ohmynews.com/NWS_Web/View/at_pg.aspx?CNTN_CD=A0002711455)
- 이병태(2016). 법률용어사전. 법문북스.
- 최흥기, 박수경(2020). 직장 내 괴롭힘 금지제도의 운영 실태와 개선과제. 「사회법연구」 제42호.
- 손미정(2017). 근로자 건강진단 시 정신건강진단항목의 도입 여부에 관한 법적 연구 II, 東亞法學 第85號.
- 연성진(2019). 소비자 '갑질' 폭력에 대한 피해조사 연구. - 서비스·판매 종사자의 피해를 중심으로- 한국형사정책연구원.
- 이수연(2019). 「산업안전보건법」 상 감정노동자 보호제도의 실효성 강화 방안, 「사회법연구」 39.
- 이현수(2017). 산재보험법상 업무의 개념. 사업주의 사적인 지시에도 산재 보험법이 적용되는지. 사회보장법연구. 6(2):323-355.
- 조미현(2021). 법률용어사전. 현암사.
- 한겨레신문(2012.1.12). 이것은 업무인가, 저것은 방해인가, 그래서 업무방해인가. [https://www.hani.co.kr/arti/society/society\\_general/924070.html#csidxcb57a3c020abf0999faefd3af6731b8](https://www.hani.co.kr/arti/society/society_general/924070.html#csidxcb57a3c020abf0999faefd3af6731b8)
- 통계청(2017). 제7차 한국표준직업분류.
- 프랑스 판례(2016). 파기법원 사회부 항소번호 14-29.623, 14-29.624
- [https://www.courdecassation.fr/decision/5fd91bfa04e84ab854239496?search\\_api\\_fulltext=14-29.623&sort=&items\\_per\\_page=&judilibre\\_chambre=&judilibre\\_type=&judilibre\\_matiere=&judilibre\\_publication=&judilibre\\_solution=&op=&date\\_du=&date\\_au=](https://www.courdecassation.fr/decision/5fd91bfa04e84ab854239496?search_api_fulltext=14-29.623&sort=&items_per_page=&judilibre_chambre=&judilibre_type=&judilibre_matiere=&judilibre_publication=&judilibre_solution=&op=&date_du=&date_au=)
- LAG Rhineland-Palatinate, 2005. 4. 14. 판결, 11 Sa 810/04
- ArbSchG: Rechtsgrundlage für den Arbeitsschutz 5.3 Sorge für die Sicherheit und Gesundheit Dritter Arbeitsschutz Office Professional Arbeitsschutz Haufe.
- EPSU, UNI europa, ETUCE, HOSPEEM, CEMR, EFEE, Euro Commerce, CoESS(2010). MULTI-SECTORAL
- GUIDELINES TO TACKLE THIRD-PARTY VIOLENCE AND HARASSMENT RELATED TO WORK. 16 July 2010. [Internet]. Brussels: Author; 2021 [cited 2021 August 25]. Available from:
- <https://www.epsu.org/article/multi-sectoral-guidelines-tackle-third-party-violence-and-harassment-related-work>
- [https://www.epsu.org/sites/default/files/article/files/Final\\_Multi\\_sectoral\\_guidelines\\_-\\_20\\_07\\_10.pdf](https://www.epsu.org/sites/default/files/article/files/Final_Multi_sectoral_guidelines_-_20_07_10.pdf)
- ILO(2019). Eliminating Violence and Harassment in the World of Work Convention No. 190, Recommendation No. 206, and the accompanying Resolution [Internet]. Switzerland: Author; 2021 [cited 2021 August 25]. Available from:
- [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/---publ/documents/publication/wcms\\_721160.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/---publ/documents/publication/wcms_721160.pdf)
- SHOUSE LAW GROUP(2020). Third Party Sexual Harassment. September 27, 2020 [Internet]. America: Author; 2021 [cited 2021 August 25]. Available from:
- <https://www.shouselaw.com/ca/labor/harassment/sexual-harassment/third-party-sexual-harassment/>
- EEOC(2021). Harassment - FAQs [Internet]. Washington: Author; 2021 [cited 2021 August 25]. Available from:
- <https://www.eeoc.gov/youth/harassment-faqs>
- West's Encyclopedia of American Law, edition 2. Copyright 2008 The Gale Group, Inc. All rights reserved.

## 02

## 국내 보급형 수동식시료채취기 개발

안전보건공단에서 추진하고 있는 ‘화학물질 노출정보 알리미<sup>1)</sup>’ 사업에 활용하고자 국내 보급형 수동식 시료채취기를 개발하는 중장기 과제를 진행하였다. 수동식시료채취기는 프로토타입 디자인 5종(내부 4종, 외부 1종)으로 설계되었다. 시료채취기의 신뢰성 확보를 위해 화학물질 15종에 대한 저장안정성 평가를 실시하고 65종에 대한 시료채취율을 산정하여 국내 보급형 수동식시료채취기의 모델을 제시하였다.

**연구책임자**

이광용 연구위원 | 산업안전보건연구원 직업환경연구실

**공동 연구자**

장미연 과장 | 산업안전보건연구원 직업환경연구실

**공동 연구자**

전현진대리 | 산업안전보건연구원 직업환경연구실



이광용 연구위원



장미연 과장



전현진 대리

1) 국내 화학물질 관리체계에서 발생하는 법적 사각지대 최소화(작업환경 취약분야 발굴) 및 근로자 알 권리 강화를 위해 전 업종·전 규모 사업장 및 근로자를 대상으로 화학물질 노출노출 서비스 제공 사업



## I. 배경

수동식 또는 확산식 시료채취법(Passive or diffusive sampling method)은 확산(Diffusion) 또는 투과(Penetration) 원리가 작동되는 시료채취기를 사용하여 공기 중 시료를 포집하는 측정방법이다. 미국 EPA<sup>1)</sup>와 미국 해군이 수동식 시료채취기를 이용해 휘발성 유기화합물을 평가한 결과에 따르면 기존의 확립된 방법과 동등한 결과를 산출하는 것으로 보고하고 있다(EPA, 2014, DoD TSERAWG, 2017). 미국 NIOSH<sup>2)</sup>를 비롯한 몇몇 국가에서는 일부 물질에 대해 작업환경측정 분야에서 활성탄관 방법과 함께 공정시험법으로 채택하고 있다(NIOSH, 1994; Pristas, 1994). 국내에서는 2000년 작업환경측정에서 수동식시료채취기의 사용가능 여부에 대한 고용노동부 공개질의에서 사용이 가능하다고 회신함으로써 법적으로 사용할 수 있게 되었다. 이 회신 결과를 바탕으로 작업장 공기 중 유해화학물질을 측정할 때 수동식시료채취기를 사용하고 있다(고용노동부, 2000; 이병규, 2009).

수동식시료채취기는 기술의 발달로 인해 다양한 형태로 개발되고 있으며, 시료채취 결과의 신뢰성이 향상되면서 작업환경측정 분야뿐만 아니라 토양, 해양 등의 환경 분야에서도 활용 수준이 증가되고 있다. 그러나 국내에서 사용하고 있는 수동식시료채취기는 활성탄관에 비해 가격이 비싸고 전량 수입에 의존하고 있어 기존 능동식시료채취방법에 비해 활용도가 낮은 것으로 알려져 있다(이병규, 2009). 따라서 국내 보급형 수동식시료채취기의 개발 필요성이 높아지고 있다.

## II. 실용화 내용

### 1. 활성탄 선정

유기화합물용 시료채취기에는 주로 활성탄을 흡착제로 사용한다. 활성탄은 원재료와 활성화 정도에 따라 불순물의 성분이나 양이 달라지며 대상 화학물질에 따라 흡착용량이 달라질 수 있으므로 시료채취매체로 사용할 경우 유효흡착용량 및 불순물의 검출여부 등에 대한 기초연구가 필요하다.

본 연구에서는 시료채취용 활성탄 선정을 위해 한국, 미국 및 일본에서 판매하는 입자상 활성탄 5종을 이용하여 오염정도를 확인하는 불순물 검출시험 및 흡착용량 평가를 위한 파과실험, 흡착성능 실험 등을 통해 성능이 우수하고 시료채취매체로 적합한 활성탄 1종을 선정하였다.

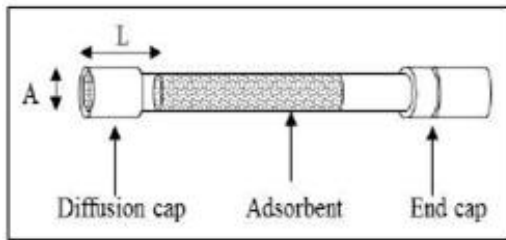
1) EPA(Environmental protection Agency), 미국환경보호국

2) NIOSH(National Institute of Occupational Safety and Health):미국 국립산업안전보건연구원

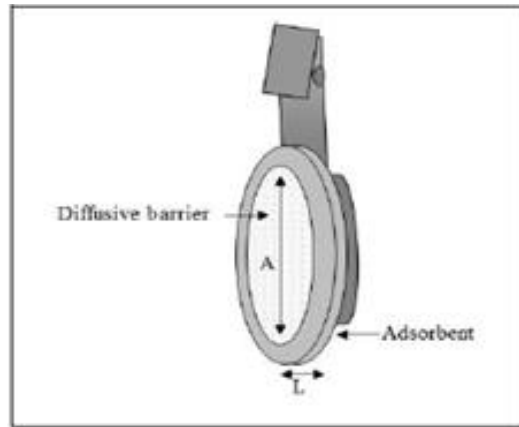
## 2. 프로토타입 디자인 설계

수동식시료채취기는 튜브형(tube style), 배지형(badge style), 방사형(radial style), 침투형(permeation style)으로 분류할 수 있다. 각각의 특성에 따라 시료채취율과 사용목적이 다르며 시료 채취율은 방사형이 가장 높은 것으로 보고된다(EPA, 2014).

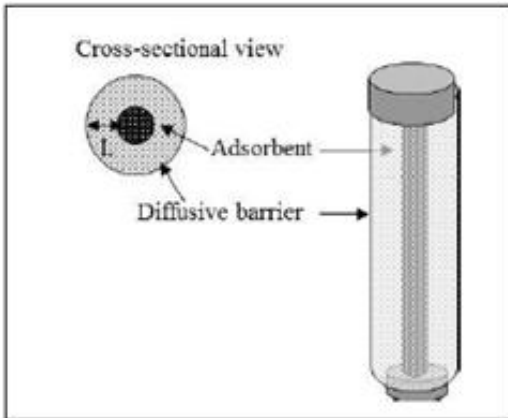
내·외부 연구진이 디자인한 프로토타입 수동식시료채취기는 배지형과 방사형의 혼합형(프로토타입 A, B, C)과 배지형(프로토타입 D, E)으로 제작되었으며, 내·외부 개발자의 동의하에 연구에 사용하였다. 내부 연구진이 디자인한 4종은 3D 프린터로 출력하여 실험하였으며, 외부 전문가의 디자인(프로토타입 B)은 금형으로 시제품을 제작하여 사용하였다.



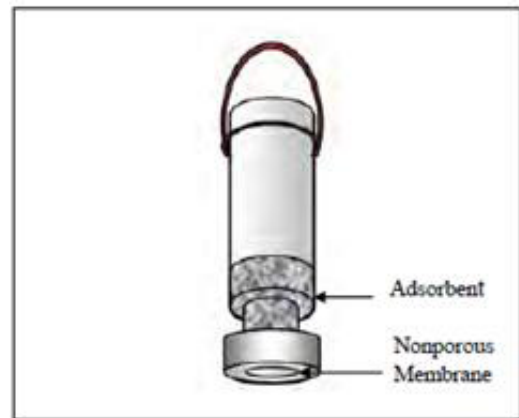
〈튜브형〉



〈배지형〉

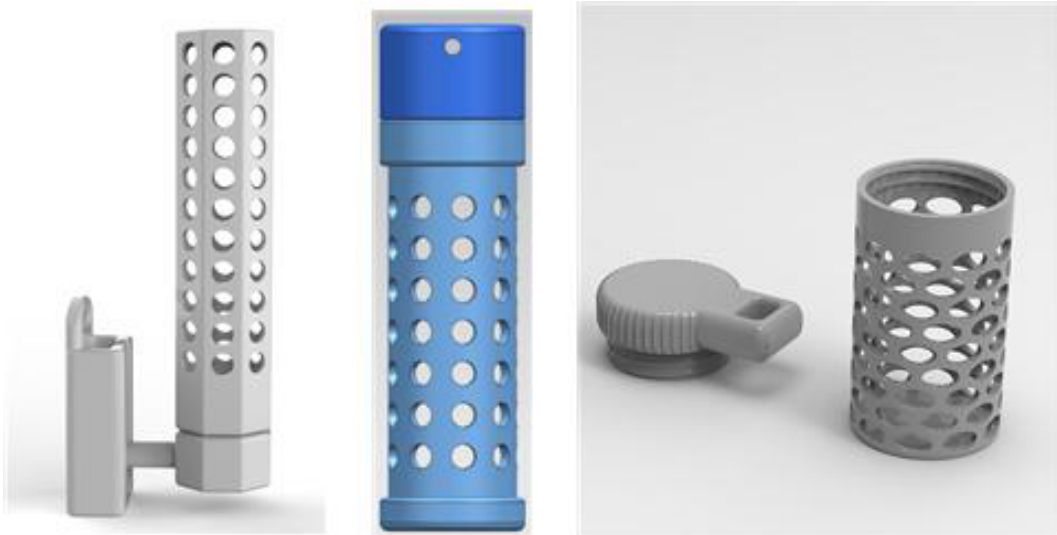


〈방사형〉

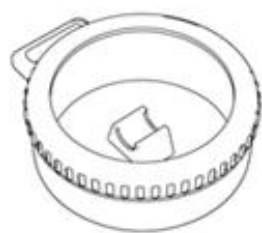


〈침투(튜브)형〉

[그림 1] 수동식시료채취기의 디자인 유형(EPA, 2014)



[그림 2] 수동식시료채취기 프로토타입 디자인(왼쪽 A, 중앙 B, 오른쪽 C)



[그림 3] 수동식시료채취기 프로토타입 디자인(위 D, 아래 E)

### 3. 저장안정성 평가

저장안정성 평가는 작업환경측정 빈도가 높으며 화학적 분류에 따라 화합물의 특성을 잘 반영할 수 있는 15종의 물질을 모두 혼합하여 챔버 내에 일정한 농도로 발생시켜 프로토타입 수동식시료채취기에 포집하였다. 포집된 시료는 상온(20~27℃)과 냉장(4℃)으로 나누어 보관한 뒤, 포집일로부터 1~30일 사이에 무작위로 3~5개를 선정하여 가스크로마토그래피로 분석하였다. 시료보관을 위한 최대기간 산정은 회귀방정식을 이용하여 산정하였다. 벤젠 등 연구대상 15종의 물질 중 12종의 저장안정성은 매우 우수하였고, 디클로로메탄, 메틸 에틸 케톤과 시클로헥사논은 저장안정성이 낮아 냉장보관시에도 3일 이내에 분석해야만 신뢰성 있는 결과를 얻을 수 있었다.

### 4. 시료채취율 산정

시료채취율의 산정은 실험을 통해 산정하는 방법을 사용하였으며 총 72종의 화학물질을 대상으로 하여 65종의 물질에 대한 시료채취율을 얻을 수 있었다. 산업현장에서 다양한 화학물질을 혼합하여 사용하는 것을 고려하여 한 배치 당 약 10여 종의 화학물질을 혼합하여 실험하였으며, 화학물질의 구성은 NIOSH method에서 제공하는 펌프유량, 탈착용매 및 분석기기 등을 고려하였다. 시료채취율은 동일한 조건의 시험챔버 내에서 활성탄관과 수동식시료채취기를 동시에 사용하여 산정하였다. 실험결과의 신뢰성을 위해 반복실험을 실시하였으며, 실험결과의 정밀도는 시료채취율의 통합변이계수로 평가하였다.

실험 결과 배치형과 방사형의 혼합형인 프로토타입 A, B, C는 시판중인 배치형 제품보다 우수한 시료채취율을 보여주나 방사형 제품보다는 낮은 시료채취율을 보였다. 배치형으로 디자인된 프로토타입 D와 E는 다른 디자인보다 시료채취율이 낮았다.

## III. 기대효과

본 연구에서 개발된 수동식시료채취기는 시판용 제품과 비교하여 저장안정성과 시료채취율이 우수하여 작업환경측정 시료채취 매체로 활용이 가능하다. 이를 상용화하여 현재 공단에서 진행 중인 '화학물질 노출정보 알리기' 사업에 활용한다면 시료채취매체의 구입비용을 절감하는 효과와 더불어 보다 많은 근로자에게 화학물질 노출정보를 제공할 수 있을 것으로 기대한다.

다만, 본 연구에서 개발된 수동식시료채취기는 흡착제의 특성상 일부 유기화합물용으로만 사용이 가능하며 추후 다양한 흡착제에 대한 추가 실험이 진행된다면 보다 많은 화학물질을 대상으로 사용이 가능할 것이다.



---

#### 참고문헌

- 이병규, 장재길, 정지연, 확산길이에 따른 수동식 유기용제 시료채취기의 시료채취성능에 관한 연구, 한국환경보건학회지, 35(6):500-509, 2009
- 노동부, 노동부 홈페이지, 질의화신란([www.mol.go.kr](http://www.mol.go.kr)) - 2000. 8. 17일자 질의 및 2000. 8. 24일자 회신
- EPA, Passive Samplers for Investigations of Air Quality: Method Description, Implementation, and Comparison to Alternative Sampling Methods, EPA/600/R-14/434, 2014
- The Department of Defense (DoD) Tri-Services Environmental Risk Assessment Workgroup (TSERAWG), DoD vapor intrusion handbook (Passive sampling for vapor intrusion assessment), Fact sheet update No:001, Revision 1, 2017





# OSHRI : Brief

- 01. 재난 발생 시 「산업안전보건법」상 근로자 보호방안 연구
- 02. 택배기사 적정 근로시간에 관한 연구
- 03. 직종별 건강진단 도입 방안 마련-택배, 건설업
- 04. 금속 3D 프린팅 사업장의 나노입자 등 유해인자 노출특성에 대한 연구

OSHRI: Brief는 산업안전보건연구원의 주요 연구를 간략히 정리하여 소개합니다.

# 재난 발생 시 「산업안전보건법」상 근로자 보호방안 연구



연구책임자

산업안전보건연구원  
정책제도연구부 송안미 연구위원

홍수로 인한 의암호 선박 전복사고와 코로나19와 같은 자연·사회재난은 산업안전보건영역에서 점차 산업재해로 인식되고 있다. 2020년 4월 근로복지공단의 서울 구로콜센터 코로나 확진자에 대한 산재인정 케이스는 이를 뒷받침 한다. 현행 「산업안전보건법(이하 ‘산안법’이라 함)」상 ‘병원체와 도급인의 의무에서 ‘지진’등을 언급하고 있는 규정은 있으나, 이들 규정은 자연·사회재난에 대비하고 사업주로 하여금 예방책을 마련하도록 하는 의무규정으로써 발동하기에는 미약하다. 이러한 현행 법 문제에 입각하여 재난 발생 시, 우리나라 산안법 상 사업주의 의무로서 재난 관련 대책사항 마련을 위한 근거 및 방법을 검토하고, 산업안전보건 분야 관련 주요 선진국의 관련 법제도와 재난사례를 통하여 시사점을 도출하고 관련 기초자료-근거를 마련하고자 하였다.

## I. 서론

### 연구 목적 및 방법

이 연구에서는 재난 발생 시 산안법 상 근로자의 안전·보건과 산재예방을 위한 근거 규정을 확인하고 법·정책적 개선 방안을 검토하고자 하였다.

연구방법으로 우리나라와 미국·영국·독일·일본·EU의 관련 법·정책 비교법연구를 통하여 각 국가별 재난 관련 법제 및 특징과 대응방법을 검토하였다.

우리나라의 경우 헌법, 산안법 등의 개별법 검토를 통하여 재난 발생 시 근로자 보호를 위한 법적 근거 및 의무를 검토하였고, 해외 법제 연구의 경우, 연구 수행 당시의 상황을 반영하여, 코로나에 관한 활발한 법·정책적 움직임이 있었던 미국·영국·독일과 잦은 지진·태풍의 영향으로 자연재난 예방 법·정책이 발달한 일본, 그리고 EU의 재난 발생 시 근로자 보호와 관련되는 이념적·규범적 기초를 중심으로 검토하였다.

결론으로써 우리 산안법 상 재난 발생 관련 의무규정이 필요한 이유와 산안법 상의 개선방안을 크게 3가지로 구분하여 제시하였다.

## II. 연구내용

### 우리나라 재난 발생 시 근로자 보호를 위한 법적 근거

(헌법) 우리 헌법은 국가의 재해예방 의무를 규정하고 있으며(제34조 제6항, 제36조 제3항), 근로시간과 휴식, 근로자의 안전과 보건, 근로환경 및 재해보상 등 근로조건 기준 등에 대한 근로자의 기본권(제32조 제3항)도 보장하고 있다. 특히 기본권의 구체적 내용을 실현하기 위한 수단으로서의 규정이라고 할 수 있는 ‘인간 존엄성’·‘행복 추구 권리’(제10조 관련)는 기본권 보장의 원칙적 가치지표이자 기본권의 핵심적 내용으로 기본권 보장 의무를 규정하고 있는 것이라고 이해할 수 있다.

이들 규정은 선언적 규정에 불과하다는 의견도 있으나, 오늘날 기본권, 생존권에 대한 국가에 의한 보호에 의존하게 되는 범위나 정도가 확대되고 있으며, ‘안전’이라는 개념 또한 정의를 내리기에는 광범위 하지만, 생명·신체·건강·명예·재산 등 신체적 안전과 생태계적 안전 및 사회적 안전을 포함하는

것으로 이해할 수 있다. 자연재난, 사회재난 등의 재해발생 가능성 또한 증대되고 있음을 인식할 때, 이들 규정은 보다 신중하게 다루어 져야 할 것이다.

(산안법) 정의 부분에서 “작업 또는 그 밖의 업무로 인하여 사망 또는 부상하거나 질병에 걸리는 것”을 산업재해로 규정하고 있으며, 코로나19는 「감염병의 예방 및 관리에 관한 법률」 제2조 제2호의 ‘제1급감염병’- ‘신종감염병증후군(동법 동조 동호의 타)’으로 구분되고 있음에 따라 산안법상 국가와 사업주는 코로나를 예방하여야 할 책무가 있다고 할 수 있다.

‘사업주와 도급인의 책무’ 중 하나인 보건조치에서 ‘병원체’를 언급하고 있는 부분과 ‘도급인의 안전·보건 조치와 산업재해 예방 조치’규정에서 ‘화재·폭발, 토사·구축물의 붕괴 또는 지진 등이 발생한 경우’와 같은 자연재해가 일어난 경우에 대비한 경보체계 운영과 대피방법 등을 훈련하도록 있는 부분 또한 근거규정으로 적용될 수 있다.

또한 사업주는 감염병, 정신질환 또는 근로로 인하여 병세가 크게 악화될 우려가 있는 질병으로서 전염될 우려가 있는 질병에 걸린 사람에게는 의사의 진단에 따라 근로를 금지하거나 제한하도록 하고 있다(제138조 제1항). 이 외에도 사업주의 작업중지(제51조), 중대재해 발생 시 사업주의 조치(제54조), 근로자의 작업중지 권한(제52조)을 들 수 있다.

한편 「산업안전보건기준에 관한 규칙(이하 ‘기준규칙’이라 함)」에서도 자연·사회 재난 관련 규정들을 찾아낼 수 있다. 자연재난과 관련해서는 ‘지진이나 진동 및 충격 등에 의하여 전도·폭발하거나 무너지는 등의 위험을 예방’하기 위한 규정(제51조), 지진 등으로

균열·비틀림 등이 발생한 경우 위험성 제거 규정(제52조 제2호), 폭풍으로 인한 이상 유무 점검과 관련하여 초당 30미터 초과 바람 및 증진 이상 진도의 지진 발생 후 기계 및 설비 점검 규정(제143조)이 있다.

사회재난과 관련해서는 제3편 보건기준 제8장에서 “병원체에 의한 건강장애의 예방”에서 근거규정을 찾을 수 있었다. “공기매개 감염병(제592조 제2호)”의 규정과 더불어 근로자가 병원체에 노출될 위험이 있는 작업을 하는 사업 또는 사업장에 대하여 ① 의료행위를 하는 작업, 혈액검사 작업, ② 화자 가검물 처리 작업, ③ 병원체를 다루는 작업, ④ 집단수용시설에서의 작업 등으로 규정하고 있다(제593조). 또한 근로자가 병원체에 노출될 수 있는 위험이 있는 작업을 하는 경우의 유해성 주지 규정(제595조), 근로자가 공기매개 감염병이 있는 환자와 접촉하는 경우의 감염 방지 규정(제601조 제1항), 예방접종 규정(동조 제2항) 등을 확인할 수 있었다.

## 미국·영국·독일·일본·EU :

### 재난 발생 시 근로자 보호를 위한 법적 근거

(미국) 「스태포드법」은 재난구호 및 긴급사태 지원법으로서, 코로나19 대책 근거법으로 작용하고 있으며, 우리나라와 같이 산안법 상의 현행 규정들을 코로나19 사례에 적용 가능함을 확인하였다. 즉, 코로나19와 관련된 정보제공, 교육 등이 포함되며, 기타 기준으로 개인보호장비 기준, 상병기록 및 보고의무 기준, 작업장 위생에 대한 특정 요구사항을 다루는 일반환경관리기준 등이 적용될 수 있다.

연방의 조치로써 조 바이든 대통령은 산업안전보건청으로 하여금 산업안전보건에 따라 코로나19로부터 근로자를 보호하는 것을

포함하여 근로자를 보호하기 위한 지침을 사업주에게 발행하도록 지시하는 행정명령을 내렸으며, 이에 따라 “근로자 보호 : 직장에서 코로나19의 확산을 완화 및 예방(Guidance on Mitigating and Preventing the Spread of COVID19 in the Workplace)”지침을 발표하였다.

나아가 미국의 경우, 산업안전보건청이 승인한 “州的 계획(State Plans)”을 가지고 미국의 각 주에서 사업하는 사업자는 주별 기준을 인식하고 숙지하여야 하는데, 대부분의 경우 주의 계획은 연방 산업안전보건기준을 반영하지만, 일부 주에서는 보다 엄격한 기준과 요건을 공포하여 시행하고 있다. 그 예로 캘리포니아주에서는 2020년 3월 사업주가 상병예방계획을 책정하는 것을 요구하고 있고, 또한 개인보호장비와 유해접촉 관리에 관한 기준에 대해서도 연방과는 다른 기준을 마련하여 대응하고 있는 것도 특징적이다.

(영국) 영국의 경우, 코로나19가 발생한 이후, 감염확산을 막기 위해 국가차원의 록다운을 단행하여 1년 넘게 대응해 왔다. 이러한 록다운의 배경의 법적 근거로는 「공중보건(질병관리)법」을 들 수 있다.

또한 영국의 산안법에 따라 사업주는 합리적으로 실행 가능한 한 직장 내 근로자 및 사업주의 사업에 영향을 받을 수 있는 근로자 이외의 자를 보호해야 할 의무가 있다. 이에 산업안전보건법 제2조에서는 사업주의 근로자에 대한 일반적인 의무를 규정하고 있는데, 이러한 의무가 코로나19의 상황 속에서 근로자를 보호하는 법적 근거로 작용하고 있다. 산안법 제2조에 의해 사업주에게 부과된 이전법적인 의무는 산업안전보건관리규정에 의해 시행하고, 특히 이 규정 제3조에 따라 요구되는

위험성 평가 방법론은 (a) 근무 중에 노출되는 근로자의 건강과 안전에 대한 위험, (b) 그 사업의 수행에서 발생하거나 그와 관련하여 발생하는 고용관계가 없는 사람의 위험에 대한 적절하고 충분한 평가를 수행하기 위해 시행된다.

나아가 안전보건청(HSE)에서는 “코로나19 팬데믹 동안에 안전하게 일하기”라는 가이드를 발표하여 사용자, 근로자, 자영업자에게 도움이 되는 내용으로 구성되며, 코로나19를 막기 위해서는 ① 위험성평가, ② 청소, 위생 및 손씻기, ③ 환기 및 공기조절, ④ 근로자와 대화하며 정보제공, ⑤ 재택근무, ⑥ 취약근로자의 보호 등의 내용이 중요하다는 점을 지적하고 있다.

(독일) 독일의 국가 재난에 대한 법적 근거는 기본법, 주 중심의 재난관리법과 민방위법에 해당하는 연방재난법에서 확인할 수 있다. 다만, 코로나19와 같은 사회재난으로부터 근로자를 보호하기 위한 근거 법으로서 감염병예방법, 산재보험법, 산업안전보건법 등이 존재한다.

특히, 기본법과 법률에서 사회재난과 자연재난을 명확히 구분하고 있지는 않지만, 홍수나 지진 등을 자연재난으로 이 자연재난과 구분되는 중대사고와 감염병을 별도로 분류하고 있어 이는 한국의 사회재난에 해당하는 재난 형태로 이해하고 있다. 독일 기본법(헌법)은 내적 안전에 속하는 재난 영역은 각 주의 입법관할사항으로 규정하고 있어 별도의 연방법이 존재하지 않고, 모든 주들이 재난관리법을 마련하고 있는 방식으로 1차적으로 대응하고 있다.

한편 사회재난 중 감염병으로부터 시민 보호를 위한 특별법인 감염병예방법은 재난 발생 근로자 보호에 관한 방안도 마련하고



있고 특히, 산안법 제18조 제3항을 신설해, SARS-CoV-2-산업안전보건 시행령을 제정하게 된 근거가 된 바 있다. 이 시행령 제정 전후로 연방노동사회부는 작업장 내 코로나19로부터 근로자를 보호하기 위해 기술지침에 해당하는 SARS-CoV-2-산업안전보건 규칙과 표준지침에 해당하는 SARS-CoV-2-산업안전보건 표준을 마련해 산안법상 일반적 보호조치를 구체화하거나 별도의 특별 보호조치를 이행하는 기준이 되었다. 코로나19로 인해 산업안전보건의 중요성이 더욱 강조되면서, 연방노동사회부 주도로 SARS-CoV-2-산업안전보건 시행령, SARS-CoV-2-산업안전보건 규칙, SARS-CoV-2-산업안전보건 표준 등을 발간해 직장 내 감염예방을 위한 다양한 조치를 실시하는 근거로 활용되고 있다.

(일본) 자연재해의 슬한 경험으로 재해와 동시에 방재를 생각하는 개념이 일찍이 자리 잡은 일본은 자연재난에 특화된 법체제와

정비구조를 확립하고 있으며, 이는 일본 산업안전보건 분야에서도 마찬가지이다.

「노동안전위생법(労働安全衛生法)」상의 보건조치, 작업중지, 환자의 취업금지, 원청사업주의 의무 등을 우리 산안법의 내용과 유사하지만, 산안법 외 도쿄도의 진재대책조례 및 도쿄소방청의 직장에서의 지진대책 그리고 아이치현 노동국의 동일본지진 관련 노동재해방지대책요강 등 도도부현의 조례 및 지침 등에서도 사업주에 대한 예방 대책을 제시하고 있다. 이들 내용은 재해발생 전 사전준비 및 대책과 재해발생 후 조치사항, 그리고 필요한 공급품 등을 위한 시설개재까지의 부흥계획 등으로 나누어 이들을 시행하기 위한 구체적인 계획을 수립하도록 하고 있다.

재해사례에서는 ‘안전배려의무’의 존부 및 위반여부를 가리는 판례를 다수 확인할 수 있었다. 안전배려의무는 2007년 제정되어 2008년 시행된 「노동계약법(労働契約法)」이 명문화한 의무로 “사용자는 노동계약에 따라 노동자가



그 생명, 신체 등 안전을 확보하면서 노동할 수 있도록 필요한 배려를 하여야 한다”는 것을 말한다. 1984년 최고재판소(昭和59年 4月 10日最高裁第三小法廷決定)는 민간기업의 안전배려의무에 대하여 “사용자는 ... 노동자가 근로자를 위해 설치하는 장소, 시설 또는 기계를 사용하거나 지시 하에 노무를 제공하는 과정에서 노동자의 생명 및 신체 등을 위험으로부터 보호하도록 배려하여야 할 의무(안전배려의무)를 지고 있는 것으로 해석함이 상당하다”고 명시한 것이 그것이다. 동일본대지진 관련 판례에서도 “은행은 행원 및 파견스텝의 생명 및 건강 등이 지진이나 해일 등의 자연재해의 위험으로부터 보호되도록 배려해야 할 일반적인 의무가 있음”을 긍정하였으며(七十七銀行女川支店津波被災事件), 재해발생 시 사업주의 종업원 등에 대한 안전을 배려하여야 하는 의무를 명확히 하였다.

한편 기업 측에서는 사업주의 방재계획과 더불어 업무연속계획(BCP)을 함께 고려하고 있는 추세이며, 여기에서도 자사의 종업원 등에 대한 대책을 강구하고 있다. 코로나19와 관련해서는 의료종사자, 의료종사자 외의 근로자로서 감염경로가 특정된 경우, 의료종사자 외의 근로자로서 감염경로가 특정되지 않은 경우로 크게 나누어 코로나19의 산업재해로서의 인정 사례를 들고 있다.

(EU) EU의 경우 개별 국가와 다른 점이 많다 보니 재난 발생 시 근로자 보호와 관련하여 정립되어 있는 규범들 역시 개별 국가의 그것과는 차별성을 가진다. 우선 EU의 성립과 존속을 위해 정립된 기본적 규범들을 보면, 재난 발생 시 근로자 보호와 관련해서 유럽연합조약·유럽연합기능조약·유럽인권협약 등에서는 직접적인 언급을 하고 있지는 않다. 다만

근로자의 안전과 건강보호 등과 관련하여 포괄적인 의미에서의 언급들은 하고 있기에 적어도 간접적으로는 재난으로부터의 근로자 보호에 관한 이념적·규범적 기초들이 마련되어 있다고 평가할 수 있다.

다음으로 EU 시민의 기본권 등에 보다 초점을 맞춘 규범인 유럽연합기본권헌장이나 유럽사회헌장을 보면, 유럽연합기본권 헌장에서는 질병, 산업재해 등으로부터의 시민 보호를 명시하고 있다는 점이 주목되고, 유럽사회헌장에서는 근로자의 안전하고 건강한 근로조건에 관한 권리 및 전염병, 풍토병 기타 질병과 사고에 대한 예방을 명시하고 있어서 재난으로부터의 근로자 보호에 관한 규범적 기초를 찾을 수 있다. 요컨대, EU를 형성하는 근본적인 규범들로부터는 재난과 관련하여 근로자 기타 시민의 보호에 대한 전체적인 방향성을 볼 수 있고 관련된 책무가 제시되어 있는 것을 확인할 수 있다.

재난 발생으로부터의 근로자 보호에 관한 EU 차원에서의 보다 개별적이고 구체적인 규범은 EU에서 정립하여 각국에 보급하는 지침(Directive)이나 가이드라인 등으로부터 찾을 수 있다. EU를 구성하는 개별 국가의 법체제나 법관념이나 행정 등이 동일한 것은 아니기에 특정 분야와 관련하여 EU 차원에서 모든 구성 국가에 공통적으로 적용될 수 있는 강제력 있는 규범(hard law)을 만들어서 집행한다는 것은 일반적인 것도 아니고 쉬운 일도 아니다. 그렇다보니 EU차원에서는 개별 국가에 대해 지침이나 가이드라인 등을 제시하여 개별 국가의 입법적 대응 기타 정책 집행에 참조하도록 하는 것이 일반적이고 재난 발생에 있어서의 근로자 보호와 같은 주제에 있어서는 오히려 이런 방식이 더욱 적절할 수 있다고 본다.

### III. 결론 및 정책제언

## 산안법 상 재난 발생 관련 의무규정 필요성

「재난 및 안전관리 기본법(이하 ‘재난법’이라 함)」은 국민의 생명·신체 및 재산을 보호하기 위한 국가의 의무를 나열하고 있고, 산안법은 노무를 제공하는 자의 안전과 보건 및 산업재해예방을 위한 사업주의 의무를 중심으로 나열한 법이다. 즉, 재난법은 일반 국민을 대상으로 재난의 예방과 대책을 위하여 국가와 지방자치단체의 의무를 규정한 법으로 다양한 업종의 사업장에서 그에 따른 다양한 리스크를 안고 노무를 제공하는 있는 자의 내용과는 구별되어야 함이 마땅하다고 할 것이다.

그러나 현행 산안법은 재난발생 시 등 관련 사항에 대하여 명확하거나 구체적인 내용을 규정하는 바가 없다. 또한 사업장에서 자연·사회재난 발생 시 대피방법, 경로, 상황 등에 대해 국가에 전적으로 의존하는 것은 한계가 있으므로 업종과 현장의 상황에 맞는 즉각적인 조치가 요구되어야 할 것이다.

사업장에서의 사고와 인재 즉, 산업재해로 옮겨지는 것을 방지하고 그 피해를 최소화 하기 위해서는 천재의 특성과 함께 각 사업장 및 업무의 특성을 파악하여, 이에 대한 재난 발생 시 노무를 제공하는 자의 안전보건조치를 위한 사업주의 의무를 산안법상 명시하는 방안을 생각해 볼 수 있다.

## 산악법상 개선방안

(정의 규정 개정) 산안법 제2조 제3호로 ‘재난’을 정의하여 타 규정에서 ‘재난’이 언급될 경우 올바른 용어이해를 돕도록 하고, 사업주의 안전보건조치의무와 ‘재난’의 관련성을 예상할 수 있도록 한다. 이때 재난법 상의 ‘재난’을 명시함으로써 재난법과의 용어충돌을 방지하도록 한다(예시: 「3. ‘재난’이란 ‘재난 및 안전관리 기본법」 제3조 제1호에 따른 재난을 말한다.」).

(사업주 등의 의무규정 개정) “제5조 사업주 등의 의무 규정”에 제3항을 신설하여 「제1항, 제2항에 해당하는 자는 재난 상황과 관련하여 필요한 예방 및 대책을 위하여 고용노동부령으로 정하는 사항에 따라 계획을 수립하여야 한다」는 규정을 신설할 수 있다. 시행규칙에서는 「제4조 재난발생 시 계획수립」을 신설하여 ① 재난 발생 전, ② 발생 시, ③ 발생 후와 같이 크게 3단계에 대한 계획 수립을 명시하여, 재난 상황과 각 사업장에 적절히 활용될 수 있는 체계적이고 구체적인 산업재해예방을 위한 조치가 가능하도록 한다.

(현행규정 활용) 산안법은 사업주의 근로자에 대한 안전보건조치 의무를 규정하는 법이므로 재난 발생 시 근로자 보호' 또한 산안법에 근거 되어 있는 사업주의 의무라고 할 수 있다. 이를 인지하였을 때 현행법상 활용할 수 있는 안전보건 관련 업무를 수행하는 안전보건관리책임자, 관리감독자, 안전관리자, 보건관리자, 산업보건의, 안전보건관리담당자 그리고 산업안전보건위원회의 업무내용을 활용할 수 있다.

먼저 안전보건관리책임자의 업무에 해당하는 「사업장의 산업재해 예방계획의 수립에 관한 사항」에는 재난 발생 시의 안전보건조치가 포함된다고 이해할 수 있을 것이다(법 제15조). 또한 재난 발생을 대비하여 지진 등의 경우 대피와 연락 공유 등을 위해서는 사업장의 생산과 관련되는 업무와 그 소속 직원을 직접 지휘·감독하는 직위에 있는 관리감독자(법 제16조)를 활용하여 산업재해 예방에 기여할 수 있다.

관리감독자에게 지도·조언하는 업무를 수행하는 안전관리자(법 제17조)의 업무내용인 “해당 사업장 안전교육계획의 수립 및 안전교육 실시에 관한 보좌 및 지도·조언(법 시행령 제18조 제1항 제4호)”, “사업장 순회점검, 지도 및 조치 건의(동항 제5호)”, “산업재해 발생의 원인 조사·분석 및 재발 방지를 위한 기술적 보좌 및 지도·조언(동항 제6호)”, “업무 수행 내용의 기록·유지(동항 제9호)” 등의 규정을 활용하여 지진, 홍수 등 발생 시 위험기계 등으로 부터의 안전 조치 및 지도를 하도록 할 수 있다.

보건에 관한 기술적 사항에 관하여 사업주 또는 안전보건관리책임자를 보좌하고 관리감독자에게 지도·조언하는 업무를 수행하는 보건관리자(법 제18조)에 대해서는 산업보건직의 직무(법 시행령 제31조) 및 “사업장의 근로자를 보호하기 위한 의료행위(법 시행령 제22조 제1항 제7호)”에 코로나 등과 같은 감염병을 추가하여 조치를 취하도록 하고 “사업장 순회점검, 지도 및 조치 건의(동항 제9호)”, “산업재해 발생의 원인 조사·분석 및 재발 방지를 위한 기술적 보좌 및 지도·조언(동항 제10호)”을 하도록 하는 규정을 활용할 수 있도록 할 수 있다.

사업장에 안전 및 보건에 관하여 사업주를 보좌하고 관리감독자에게 지도·조언하는 업무를 수행하는 안전보건관리담당자(법 제19조)와 관련해서는 안전보건교육 실시, 위험성평가, 작업환경측정 및 개선에 관한 보좌 및 지도·조언(법 시행령 제25조제1호~제3호) 규정을 활용하여 재난 발생 관련 사항을 함께 취급하여 수행하도록 할 수 있다.

나아가 산업안전보건위원회에서 심의·의결을 거쳐야 하는 사항으로 재난 발생 시 근로자의 업무 종류·특성을 구분한 대비방법 및 연락방법, 사업주와 근로자 등 소통확보 방안, 피해사항 공유, 피난·대피 방법 등을 추가하여 사업주와 근로자가 재난 발생에 관계되는 필요한 주요 사항을 함께 논의하고 준비할 수 있도록 할 수 있다.

한편 위 법 적용 제외 대상인 사업장 또는 사업주에 대하여 의무 여부에 대하여 논의될 수 있는바, 법 적용이 제외된다고 하여 근로자의 안전보건조치 의무에서 자유로워진다는 뜻이 아님을 이해하고, 해당 사업장 등은 자체적으로 대비하되, 재난 발생에 대비한 계획을 수립하지 않은 경우 또는 그 내용이 불충분하여 산업재해가 발생 한 경우 등에는 산안법상의 안전보건조치 의무 위반 및 민법상의 안전배려의무 위반이 적용될 수 있음을 인지할 필요가 있다.







## 택배기사 적정 근로시간에 관한 연구



**연구책임자**  
한양대학교  
장태원 교수



**연구상대역**  
울산지역본부  
류향우 부장

21세기 들어 텔레비전과 인터넷 등을 통한 홈쇼핑으로 인해 택배 산업이 커졌고, 코로나 바이러스 감염(COVID-19)으로 인하여 비대면 쇼핑의 증가로 인해 택배 산업은 증가하여 택배업에 종사하는 근로자도 지속적으로 증가하였다.

대부분의 택배기사는 택배 업체와 계약을 맺은 집배점과 또다시 계약관계에 있는 특수형태 근로종사자이므로

위탁계약에 의해 노무를 제공하고 댓가를 받는 근로자이며, 개인사업자이다. 따라서 택배기사들은 안전보건교육을 받지 못하는 경우가 대다수이며, 이런 상태에서 택배물품의 분류, 상하차, 배송 등의 업무에 투입되었다. 또한, 개인사업자의 신분이기 때문에 택배 사업장에서도 택배기사들의 배송량 관리 등의 노무 관리에 한계가 있다.

택배업 종사자는 장시간 노동과 야간작업, 과도한 배송량, 고객 응대로 인한 감정노동, 빠른 배송과 관련하여 발생하는 교통사고, 중량물 취급 등으로 인한 여러 가지 건강장해의 위험이 있으며, 특히 최근 들어 과도한 업무와 관련한 택배기사의 사망이 끊이지 않고 발생하여 택배업 종사자의 업무 조건과 환경에 대한 개선의 필요성이 대두되었다.

택배기사의 과로 방지를 위하여 노·사·정 합의기구가 구성되었고, 2021년 1월 21일 노·사·정 사회적 합의(택배기사의 주 최대 작업시간은 60시간, 일 최대 작업시간은 12시간을 목표로 하되 그 구체적 작업 기준은 연구를 통해 정하고자 함)에 따라, 택배기사의 적정노동시간을 제시하기 위한 연구의 추진이 필요하게 되었다.

### I. 서론

이 연구는 택배기사의 적정 근로시간의 근거를 마련하기 위하여 사회적 합의기구에서 '택배기사의 주 최대 작업시간은 60시간, 일 최대 작업시간은 12시간을 목표로 하되 그 구체적 작업 기준은 연구를 통해 정하고자 함'으로 합의된 내용에 의거하여 시작되었다. 사회적 합의기구에서 필요한 내용은 택배기사의 근로시간에 대한 기준을 마련하는 것으로서 '택배기사' 집단의 근로시간 기준을 마련하는

것이다. 그런데 신체부하량 평가는 개인을 대상으로 하는 평가이기 때문에 이 결과만으로 택배기사 전체의 기준을 정하기는 어렵다. 다만, 실제로 택배업을 수행하는 택배기사들을 대상으로 신체부하량을 평가하여 과로를 하고 있는지, 그 정도가 어떤지, 그리고 신체부하 정도의 분포가 어떤지 분석을 하여 작업시간 기준을 정하는 데 도움이 될 수 있는 근거를 마련하고자 하였다.

## II. 연구내용

### 1. 면접조사

택배 기사들은 주당 60시간 이상으로 장시간 노동을 하고 있었다. 노동시간의 많은 부분은 배송과 집화가 차지하며 이것은 건당 수수료로 노동에 대한 적절한 보상이 이뤄지고 있으나 분류작업에 대해서는 그렇지 못하였다.

주어진 업무를 소화하기 위해 개인의 용무 및 기본적인 휴식시간과 식사시간이 보장되지 않았다.

최근의 코로나19 감염병 대유행, 당일배송, 익일 배송의 경쟁심화 등으로 배송량이 증가했으나 인력은 충분히 충원되지 않아 노동강도가 높아졌다. 택배 기사는 특수형태고용직으로서 본인의 노동을 대체할 수 없다. 이렇게 낮은 대체성 때문에 택배 기사들은 휴가, 개인적 용무 및 경조사 등에도 참여 할 수 없는 현실이다.

이러한 문제로 인해 건강관리가 제대로 이루어지기 어렵다. 택배비 인상, 물류 시스템의 개선 필요성이 제기되지만 정책이 작동될 수 있는 세부 지침의 마련도 필요해 보인다.

### 2. 배송량 자료 분석

코로나19 감염이 발생한 2020년 한 해 동안의 자료를 분석하였다. 배송량은 월별로 조금씩 차이가 있었으며, 3월과 9월, 12월에 배송량이 많았고 1월과 4월, 8월은 다소 적었다. 1인당 배송량도 전체 배송량과 비슷한 월별 추이를 보였다. 1인당 하루 배송량은 전국 평균 199-244건이었으며, 수도권은 평균 276-358건으로 수도권의 배송량이 다른 지역보다 많았다.

이것은 코로나 감염이 발생하기 전과는 차이가 있을 수도 있다.

### 3. 설문자료 분석

하루 근로시간은 평균 12.3시간이었고, 이를 1주 6일로 환산하면 1주 근로시간은 73.8시간으로 매우 길었다.

12.3시간 중 분류작업은 3.6시간, 배송작업은 6.0시간, 그리고 집화작업은 3.0시간으로, 분류작업에 소요되는 시간은 전체 근로시간 중 약 30%를 차지하였다.

만약 택배기사들이 분류작업을 하지 않는다고 가정하면 하루 근로시간은 8.7시간으로 줄일 수 있고, 1주 6일 근무일 때 1주 근로시간은 52.2시간으로 줄일 수 있을 것이다.

운전을 하면서 식사를 해결한다고 응답한 경우가 전체의 과반수이상을 차지하였고, 운전 중에 업무를 위하여 휴대폰을 사용한다는 응답이 전체의 83%를 차지하였다. 즉 운전을 하면서 삼각김밥이나 빵 등으로 식사를 해결하거나, 운전 중 휴대폰을 사용하는 경우가 빈번하였다. 이는 정해진 물량을 당일에 배송 완료하기 위하여 최대한 시간을 절약하고자 하는 것으로서, 다르게 말하면 배송량이 너무 많아서 적절한 식사나 휴게시간을 갖기가 어렵다는 것을 시사한다. 또한 운전 중 식사나 휴대폰을 사용함으로써 교통사고의 위험도 증가할 수 있다.

만성질환인 고혈압, 당뇨병, 이상지질혈증으로 치료받는 사람은 각각 4.4%, 2.2%, 2.2%였다.

국민건강영양조사 자료에 의하면 2019년 우리나라 성인의 고혈압과 당뇨병, 이상지질혈증

유병률은 각각 27.2%, 11.8%, 22.2% (남성은 31.1%, 14.0%, 21.0%)로서 택배기사의 만성질환 유병률은 이보다 낮았다.<sup>1)</sup>

실제로 택배기사들의 만성질환 유병률이 낮을 수도 있으나, 발견되지 않은 만성질환이 있을 가능성이 더 높다.

이는 여러 가지 이유가 있을 수 있는데, 택배 기사들이 1주 6일 근무를 하면서 병원에 방문할 기회가 적고, 건강보험이 지역가입자이므로 일반건강검진을 2년에 1회만 받기 때문일 것이다.

고객으로부터 신체적 폭력을 당한 경우는 많지 않았으나(4.4%), 언어폭력(폭언)을 당한 적이 있다고 응답한 경우는 36명으로 전체의 39.6%를 차지하였고, 위협적이거나 굴욕적 행동을 당한 경우도 21명으로 전체의 23.1%나 되었다.

언어폭력이나 위협적·굴욕적 행동으로 인한 정신적 스트레스가 상당하였음을 짐작할 수 있다. 또한, 폭행이나 폭언을 당한 경우 ‘그냥 참았다’고 응답한 경우가 전체의 47.3%였고, ‘참지 못하고 싸웠다’라고 응답한 경우가 전체의 14.3%나 되었다. 즉, 돌발 상황에 대한 대처가 바람직하지 못하였다는 의미이다.

설문조사 자료 분석 결과, 택배기사들은 상당한 과중업무를 하였다는 것을 확인할 수 있었다. 배송량이 많아 식사나 휴식시간을 제대로 가지지 못하였고, 운전 중에 식사나 휴대폰을 하는 경우도 있어 교통사고의 위험도 높았을 것이다. 인지하지 못하는 만성질환에 대한 관리가 필요하며, 고객과의 응대로 인해 발생하는 스트레스에 대한 대처방안을 마련할 필요도 있다.

#### 4. 신체부하량 평가

연구대상자들의 실제노동시간은 11.5시간으로 MAWT<sup>2)</sup>인 8.0시간보다 약 3.5시간 정도 초과하였다. 즉, 신체에 부담이 되지 않는 시간보다 3.5시간 정도 더 일을 하였고, 이는 신체의 부담을 높이는 쪽으로, 다른 말로 하면 육체적인 과로가 되었을 것이다.

분류작업을 하지 않고 배송만 한다고 가정을 하면, 배송 작업의 노동시간은 7.8시간으로 MAWT인 7.4시간보다 여전히 길었으나 그 차이는 매우 줄어들었다. 신체부하 정도를 의미하는 신체부하지수는 분류작업을 포함한 전체 작업의 경우 1.49로서 매우 높았으나 배송작업만 감안하면 1.11로 상당히 감소하였다.

계단이나 경사로를 오르내리거나 걸어야 하는 경우가 많은 주택, 빌라, 상가 지역의 경우 아파트나 시골·도서지역을 배송하는 경우에 비해 신체부하 정도가 다소 높았다.

요일별로는 화요일에 실제노동시간이 13.2시간으로 가장 길었고 신체부하지수도 1.77로 매우 높았는데, 이는 화요일에 배송량이 가장 많았기 때문이다.

반면 토요일에는 배송량이 적어 실제노동시간(9.5시간)도 길지 않았고 신체부하지수도 1.18로 평균보다 낮았다.

배송량이 증가할수록 실제노동시간과 배송 시간, 신체부하지수도 함께 증가하는 경향을 보였다. MAWT는 배송량이 증가할수록 반대로 감소하였는데, 배송량이 300건인 경우 MAWT는 약 8시간이었다.

1) 국가통계포털. URL: [https://kosis.kr/statisticsList/statisticsListIndex.do?menuId=M\\_01\\_01&vwcd=MT\\_ZTITLE&parmTabId=M\\_01\\_01&outLink=Y&parentId=F\\_1;F\\_17.2;#content-group](https://kosis.kr/statisticsList/statisticsListIndex.do?menuId=M_01_01&vwcd=MT_ZTITLE&parmTabId=M_01_01&outLink=Y&parentId=F_1;F_17.2;#content-group)

2) MAWT: 주어진 강도의 업무를 신체의 피로 없이 수행할 수 있는 시간(MAWT, Maximum acceptable work time)



건강진단은 설계하고 시행하기가 비교적 간단하고 단기간에도 실시할 수 있으므로 단기간에 효과를 낼 수 있는 장점이 있다. 그리고 지금까지 택배기사의 건강진단이 제대로 실시되지 않았기 때문에 택배기사의 건강진단을 실시하는 것은 충분히 의미가 있다. 그리고 건강진단에서 발견되는 유증상자와 유소견자에 대하여 적절한 사후관리로 연결되는 사후관리체계를 함께 시행하는 것이다. 일반적인 근로자의 경우 근로자 건강진단의 실시 의무는 사업주에게 주어진다. 그런데, 택배기사는 특수고용형태 근로자이므로 택배회사가 안전보건관리비를 국가에 내고, 국가에서는 이 비용으로 택배기사의 건강진단과 사후관리 비용을 부담하는 방안도 고려할 필요가 있다.

## ②업무 적합성 평가

택배기사의 과로로 인한 건강장해를 방지하기 위해서는 건강진단과 더불어 업무 적합성 평가를 실시할 필요가 있다. 업무 적합성 평가는 택배회사가 실시 의무를 가지는 것이 바람직하다. 다만 업무 적합성 평가의 비용은 택배회사가 직접 부담하거나, 택배회사가 국가에 안전보건관리비용 등의 형태로 비용을 내고 국가가 비용을 부담하는 형태도 고려할 수 있다.

## ③규제를 통한 건강관리

택배기사는 택배 물품을 배송하기 위하여 트럭을 이용하여 배송지까지 이동한다. 만약 택배기사가 트럭을 운전하는 중에 심근경색이 발병한다면 운전자의 통제를 잃은 트럭은 교통사고를 낼 것이고, 그로 인해 많은 인명피해가 발생할 수도 있다.

따라서 택배기사 본인과 타인의 안전과 건강을 위하여 더 다양한 규제가 필요할 수도 있다. 1주일 노동시간을 60시간보다 더 감소시킨다든지, 건강진단에서 고혈압이 발견된 경우 측정된 혈압에 따라 면허를 한시적으로 갱신한다든지, 수면 무호흡증이나 수면장애가 있는 경우 적절한 검사를 통해 의사의 업무 적합성 평가를 받게 하는 것이다.

그리고 이를 위해서는 질병으로 인해 업무를 하지 못하거나 업무시간을 제한하는 경우 감소된 수익을 보존하기 위한 상병수당 또는 휴업수당 제도를 마련하여 택배기사가 업무를 한시적으로 하지 못하더라도 생계에 문제가 생기는 일은 방지할 수 있을 것이다.



## 참고문헌

- 보건복지부, 제3차(2021-2025년) 국가건강검진종합계획.
- 신태중, 이주환, 취약 계층 노동자 노동 실태 조사, 서울지역 택배 기사의 노동 실태와 정책 개선방안, 서울 노동권익센터.
- 월간교통 2021-04, 특집 5, 물류산업 전망과 과제, 한국교통연구원.→ 허영, 「한국헌법론」전정14판, 박영사, 2018
- 택배기사 안전가이드북. 한국통합물류협회 · 안전보건공단, 2015.
- C153 – Hours of Work and Rest Periods (Road Transport) Convention, 1979 (No. 153).
- [https://www.ilo.org/dyn/normlex/en/f?p=NORMLEXPUB:12100:0::NO::P12100\\_ILO\\_CODE:C153](https://www.ilo.org/dyn/normlex/en/f?p=NORMLEXPUB:12100:0::NO::P12100_ILO_CODE:C153)
- Clays et al. The association between leisure time physical activity and coronary heart disease among men with different physical work demands: a prospective cohort study. Eur J Epidemiol, 2013 Mar;28(3):241-7.
- Federal Motor Carrier Safety Administration. What is the effect on driver certification based on FMCSA hypertension stages? Available from: URL: <https://www.fmcsa.dot.gov/faq/what-effect-driver-certification-based-fmcsa-hypertension-stages>
- Holtermann et al. High occupational physical activity and risk of ischaemic heart disease in women: the interplay with physical activity during leisure time.Eur J Prev Cardiol, 2015 Dec;22(12):1601-8.
- Holtermann et al. Self-reported occupational physical activity and cardiorespiratory fitness: Importance for cardiovascular disease and all-cause mortality.Scand J Work Environ Health, 2016 Jul 1;42(4):291-8.
- Hours of Service. Federal Motor Carrier Safety Administration. Available from: URL: <https://www.fmcsa.dot.gov/regulations/hours-of-service>
- Jang TW, Kim HR, Lee HE, Myong JP, Koo JW, Ye BJ, Won JU. Overwork and cerebrocardiovascular disease in Korean adult workers. J Occup Health. 2015;57(1):51-7.
- Palmer KT, Brown I. Fitness for Work: The Medical Aspects. 5th ed. Oxford University Press. 2013.
- Regulation (EC) No 561/2006 of the European Parliament. Available from: URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32006R0561>
- Talmage JB, Melhorn JM. A physician's guide to return to work. AMA press. 2005.→ Jang TW, Kim HR, Lee HE, Myong JP, Koo JW, Ye BJ, Won JU. Overwork and cerebrocardiovascular disease in Korean adult workers. J Occup Health. 2015;57(1):51-7.
- Vertanen et al. Long working hours and coronary heart disease: a systematic review and meta-analysis. Am J Epidemiol. 2012 Oct 1;176(7):586-96.
- Vertanen et al. Overtime work and incident coronary heart disease: the Whitehall II prospective cohort study. Eur Heart J. 2010 Jul;31(14):1737-44.
- Wu HC and Wang MJ. Relationship between maximum acceptable work time and physical workload. Ergonomics. 2002 Mar 15;45(4):280-9.

## 직종별 건강진단 도입 방안 마련-택배, 건설업



**연구책임자**  
부산대학교  
김영기 교수



**연구상대역**  
서울광역시본부  
이소영 대리

「산업안전보건법」 개정으로 안전보건 보호 대상인 특수형태근로종사자 업종은 확대되었으나, 이들의 산업재해 감소를 위한 현실적인 조치가 부족하여 개선이 요구됨.

특수형태근로종사자 중 최근에 사회적 문제가 된 택배업 종사자와 건설업 특수형태근로종사자에 대한 건강진단 방안과 사후관리 방안 마련을 통한 질병 예방이 필요함.

### I. 서론

택배 종사자는 특수형태근로종사자로 특수건강진단 대상 업무를 수행하지 않으며, 산재보험 적용도 미흡한 실정이다. 그리고 이들은 개인 사업주로 일하는 경우가 많아 건강 보호조치의 의무도 본인 스스로 책임을 져야 하는 상황에서, 2년마다 실시하는 국민건강보험 검진을 받을 자격은 있으나 수검률은 높지

않으리라고 추정이 된다. 이런 상황에서 최근 택배 노동자에게서의 급사가 연이어 발생하고 과로사 문제로 대두가 되면서 택배기사의 노동환경과 조건에 관한 관심과 사회적 대책이 절실히 요구된다.

한편 건설업 중장비 기계 운전 등에 종사하는 노동자도 특수형태근로종사자이며 건강 보호가

#### ① 법의 보호 대상을 특수형태근로종사자, 배달종사자까지 확대

- 산업안전보건법 제1조의 목적 중 "근로자"를 "노무를 제공하는 자"로 변경하여 특수형태근로종사자의 일부를 포함해 보호 범위를 확대함

#### ② 산업안전보건법 제77조에 특수형태근로종사자에 대한 안전조치 및 보건 조치에 관한 내용이 신설됨

#### ③ 계약의 형식과 관계없이 근로자와 유사하게 노무를 제공하여 업무상 재해로부터 보호할 필요가 있음에도 「근로기준법」 등이 적용되지 않는 특수형태근로종사자의 노무를 받는 자의 안전 의무를 강화함

- 노무를 받는 자는 산업재해 예방을 위하여 필요한 안전조치 및 보건 조치를 해야 함
- 노무를 받는 자는 고용노동부령으로 정하는 바에 따라 안전 및 보건에 관한 교육을 시행해야 함

#### ④ 정부는 특수형태근로종사자의 안전 및 보건의 유지·증진에 사용하는 비용의 일부 또는 전부를 지원할 수 있음

[그림 1] 특수형태근로종사자 관련 주요 개정 내용

필요하다는 점에서 택배업과 같은 상황에 놓여 있다. 건설업 특수형태근로종사자의 경우는 건설업의 특성상 단기간 고용, 작업장소의 빈번한 이동 등으로 건강진단을 포함한 건강관리 자체가 어려운 조건에 놓여 있어, 건설노동자들의 특성을 고려한 건강진단제도 개선방안 마련이 필요하다.

## II. 연구내용

### 택배 종사자 건강진단 현황

택배 종사자의 경우 이전에는 건강보험 지역 가입자로 일반건강진단을 받았으나 조사에 참여한 4개 업체에서는 택배 종사자의 급사가 사회적 문제가 된 이후 회사 방침에 따라 택배 종사자에 대해 정기적으로 건강진단을 실시하였다. 대부분 정부지원사업을 통해 건강진단을 연 1회 실시하며, 비용 지불은 원청(택배사업자)이 담당하였다.

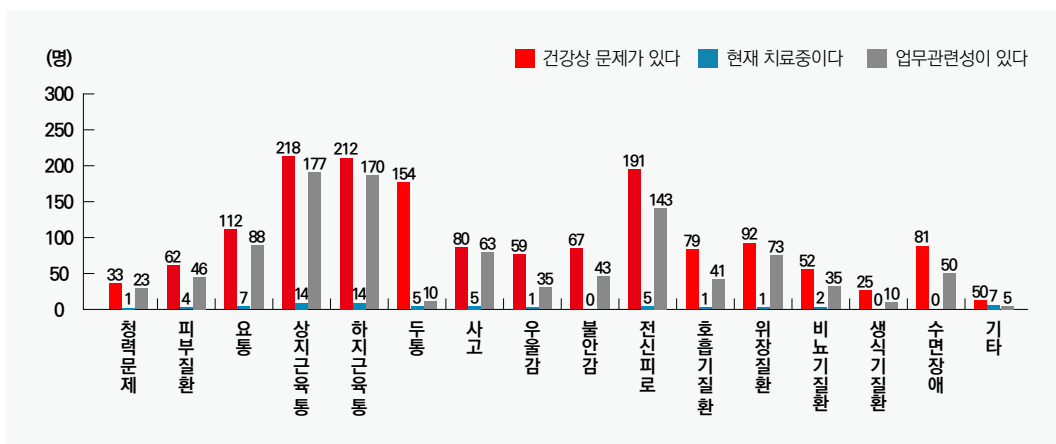
조사 대상자 중 62%가 국민건강보험공단 건강검진을 받았고, 2021년 택배 종사자의 건강검진 비율은 2018년보다 3배 높았다. 이들이 건강진단을 받지 않는 가장 큰 이유는 '시간이 없어서'였다.

### 택배 종사자 및 사용자 실태조사

연구에 참여한 4개 회사에서 근무하는 27명의 택배 종사자의 주 평균 노동시간은 63시간이었으며, 배송 업무 외에도 택배사의 분류작업까지 하는 경우가 있었으며, 평균 택배 양은 월요일 200개, 화요일-금요일에는 306개, 토요일에는 265개였다.

건강 문제로는 상지 및 하지 근골격계 통증, 전신 피로를 많이 호소했고, 사고는 넘어짐과 부딪힘이 가장 많았다. 필수노동자 직종별 건강진단을 받은 비율은 53%였으며 대부분 출장 검진 형태로 건강진단을 받았다. 사후관리는 안 받았거나 만족스럽지 못하다는 응답이 52%였다.

사용자 10명 중 대리점이 7명, 택배 사업자가 3명이었다. 안전보건교육, 보건관리 대행, 안전보건 관리조치 등 많은 항목에서 사용자와 택배 종사자의 응답이 다른 결과를 보여, 사용자의 90%가 근골격계 유해요인조사를 실시하고 있다고 응답하였다. 안전보건 관리에 대한 책임 1순위는 택배 사업자(36%), 정부(34%), 대리점주(16%)로 응답하였다.



[표 1] 택배 종사자의 건강 문제와 업무 관련성 설문조사 결과

## 건설기계 운전자 실태조사

건설기계 운전자들은 분진, 소음에 흔하게 노출되었으며, 불편한 자세, 장시간 노동을 문제로 들었다. 가장 노출이 많은 분진은 미세먼지, 콘크리트, 광물성 분진이었다. 운전자들이 검진이 필요하다고 생각하는 노출 유해인자 역시 분진, 소음, 불편한 자세, 장시간 노동이었다. 기타 노출 유해인자로는 야간작업을 꼽았다.

건설기계 운전자의 보호구 및 사고 분석 결과, 업무 중 사용하는 보호구들은 일부 제공(43%)되거나 제공되지 않는 곳(47%)이 대부분이었다. 업무 중 필요한 보호구와 사용 중인 보호구의 순서는 안전화가 제일 많이 사용되고(59%), 필요하였다(64%). 다음으로 안전모가 제일 많이 사용(52%)되고, 필요(48%)하였다. 주목할 점으로는 방진 마스크의 경우 3번째로 흔히 필요하다고(33%) 응답한 보호구이지만 사용되는 정도는 낮았다(9%). 최근 1년간 사고를 경험한 건설근로자는 29%였고 교통사고가 31%로 가장 많은 사고 유형이었다.

연구에 참여한 241명의 운전자가 다루는 건설기계는 덤프트럭(48%), 기중기(20%), 지게차(11%) 순이었고, 건설기계는 개인 소유가

45%, 지입 32%, 회사소유가 3%였다. 하루 평균 근무시간은 8-12시간이 가장 많았으며, 장시간 근무 기준인 52시간을 초과하며 근무하는 사람은 36%였고, 야간근무를 수행하는 경우는 34%였다. 업무가 건강 영향에 부정적이라는 의견이 많았으며(55%), 경제적인 이유로 아파도 진료를 받지 못하는 경우가 68%로 가장 많았다.

건설기계 운전자의 경우 이전에는 건강보험 지역가입자로 일반건강진단을 받는 것이 대부분이었으며, 일부는 건설근로자공제회 혹은 경기도 우리 회사 건강주치의 사업을 통해 건강검진을 받고 있었다. 직장검진을 수검한 비율이 24%였으며, 검진 사후관리를 받았다는 응답이 55%였다. 건강진단을 받지 않는 이유는 경제적 이유가 가장 많았으며, 건강진단 제도 도입 시 고용 불이익 가능성이 있다는 응답이 43%였다. 건강진단 실시기관은 검진 항목으로 보면 일반건강진단과 특수건강진단이 모두 가능하나, 사후관리 등에서 업무 적합성 평가 등이 필요할 것으로 생각되므로 특수건강진단기관이 건강진단을 수행하는 것이 적절하였다.

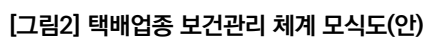
## III. 결론 및 정책제언

### 택배 종사자의 건강관리

건강진단 대상은 직고용 택배 종사자 및 특수고용형태 종사자를 모두 포함하여 실시한다. 건강진단 주기는 연 1회 실시하는 것으로 하며, 1차 건강진단은 일반건강진단 항목과 함께 콜레스테롤 4종을 매년 실시하며, 아울러 자외선 및 불면 설문, 우울증 설문, 뇌심혈관계 발병위험도 평가를 기본항목으로 포함한다. 2차 건강진단은 실시하지 않는 안과 실시하는 안으로 구분할 수 있으며, 연구진은 2차 건강진단을 시행하는 안을 권고한다. 2차 건강진단은 뇌심혈관계 발병위험도 평가 고위험군을 대상으로 실시하며, ① 심전도 + 관상동맥 칼슘점수, ② 심전도 + 관상동맥 CT 두 가지 중 선택할 것을 권고하며, 음성 결과일 경우에는 5년간 2차 검사를 유예할 것을 권고한다. 택배 종사자의 건강관리를 성공적으로 하기 위해서는 건강진단

고려시대부터 조선시대까지의 한글 문헌에서 찾아볼 수 있는 다양한 표현을 소개합니다.

특수형태근로종사자의 직종별 건강진단 개발에서 고려해야 할 점은 특수형태 종사자의 안전보건 관리에 있어서 기존의 기업별 접근 방식으로는 한계가 예정되어 있으며, 노동환경개선 노력이 병행되어야 한다. 건강진단(안)이 만들어진다고 해서 질병 예방이 된다고 보기는 어려우며, 오히려 실효성 있는 사후관리가 더 중요하다고 판단되므로 사후관리가 제대로 시행될 수 있는 현장 조건, 제도개선이 선행될 필요가 있다.





# 금속 3D 프린팅 사업장의 나노입자 등 유해인자 노출특성에 대한 연구



**연구책임자**

산업안전보건연구원  
직업환경연구실 박해동 연구위원

적층제조라고도 명명되는 3D 프린팅 기술은 새로운 산업을 이끌 기술로 주목받으며, 이를 활용한 기술들이 다양하게 시도되고 있다. 새로운 기술의 큰 장점과 함께 새로운 유해인자의 노출에 대한 염려도 있다. 선행연구들은 주로 플라스틱 소재를 사용하는 프린터에 대한 챔버내 실험이 대부분이었고, 산업에서 사용되는 대규모 3D 프린터에 대한 연구는 미흡하다. 이에 금속소재를 사용하는 3D 프린팅 사업장에서 나노입자와 주요 유해인자를 평가하고자 하였다.

## I. 서론

4차 산업혁명에서 주목을 받고 있는 기술 중 하나는 3D 프린팅 기술이다. 기존의 제조기술은 가공을 통하여 재료를 깎아내는 방법으로 원하는 형상을 제조하였다면, 3D 프린팅 기술은 이와 대비되는 기술로서, 원재료를 쌓아올리는 방식으로 제품을 제조하는 기술이다. 플라스틱 소재를 사용하는 3D 프린팅 기술이 산업현장의 요구로 인하여 다양한 소재를 사용하고 있으며, 금속도 중요한 소재로서 사용되고 있다. 금속 3D 프린터는 티타늄, 알루미늄, 스테인리스 스틸 등 다양한 금속 소재를 사용하며 의료기구, 자동차, 항공우주 산업 등에 이르기 까지 다양하게 적용되고 있다. 금속 3D 프린팅 소재는 주로 미세한 분말형태를 사용한다. 이러한 분말소재의 투입이나 후처리, 완성품 취급 등의 작업에서 미세분진의 노출이 가능하다. 또한 소재를 용융시켜 제품을 만드는데, 이때 금속 흡이 발생하게 된다. 여러 선행연구에서는 주로 플라스틱 소재 위주의 프린터를 대상으로 유해인자 발생 및 노출량 등을 평가하였으며, 많은 연구가 챔버 내에서 실험하였다. 금속 3D 프린터는 주로 산업용으로 사용되므로 장비의

규모와 운용측면에서 개인적 용도의 3D 프린터와는 차이점이 많다. 또한, 3D 프린팅이라는 새로운 기술이 도입으로 인하여 발생가능한 새로운 유해인자의 노출 여부를 확인하고 대비해야 할 것이다.

## II. 연구내용

### 문헌고찰

1) 과학기술정보통신부에서 3D 프린팅 관련 산업진흥을 위한 법이 2016년 제정되어 시행되고 있으며, 안전교육, 삼차원프린팅서비스사업 신고 등의 내용을 포함하고 있다. 국내 3D 프린팅 관련 민간자격은 약 100여종이 있으나, 취득현황을 제공하는 자격은 17종이었다. 관련협회 4개와 안전교육기관 1개가 운영되고 있으며, 매년 실태 조사를 하여 공표하고 있다.

2) 독일 등 유럽에서 입자상 나노물질(100nm 이하)에 대해서 비중에 따라 20,000 개/cm<sup>3</sup> (또는 40,000 개/cm<sup>3</sup>)로 참조값을 제안하였으며, 영국표준 협회는 벤치마크레벨이라는 이름으로 나노물질의

성분에 따라서 기존 노출기준의 0.066~0.5배에 해당하는 값을 참조값으로 제안하였다.

3) 금속 3D 프린팅 관련 연구논문은 최근 몇 년 사이에 발표되고 있으며, 생물학적지표검사, 나노 입자수, 공기 중 금속 농도 등에 대한 평가가 일부 이루어졌다.

### **입자상물질 평가**

1) 분말소결(PBF, powder bed fusion) 방식의 4개 사업장과 전기화학방식 1개 사업장에서 입자수, 입경및표면적등을 직독식 장비로 측정하고, 공기 중 금속을 포집하여 성분 및 형상 등을 분석하였다.

2) 입자 수 농도는 사업장별 중위수로 4,367~10,033 개/㎤ 로 평가되었으며, 사업장별, 시간대별 차이가 있었다. 중위수 농도를 기준으로 근무시간동안의 농도가 근무 외 시간에 비해서 높은 사업장도 있었으나, 낮은 사업장도 있었다. 질량농도에서는 근무시간 중 작업형태에 따라서 농도변화가 심하게 나타나는 것을 관찰할 수

있었으나, 수 농도에서는 큰 변화가 없었는데, 이는 작업에 따라 작은 입자의 발생보다 큰 입자의 발생으로 인한 영향으로 판단된다.

3) 근무시간 중 작업장내의 100 nm 이하 크기의 입자는 전체 입자 수의 44.9~83.5%에 해당하여 대부분을 구성하였다.

4) 동일 장소에서 측정한 입자 수 측정장비들과 폐침착 표면적 측정장비들에서 높은 상관관계를 보였다. 그러나 장비별 측정값은 서로 일정한 비율로 차이를 보였는데, 이는 장비별 측정범위가 다른 점에 의한 것으로 생각된다.

5) 소재 벌크시료와 공기 중 채취된 입자를 전자현미경 및 에너지분산 분광분석기로 분석하였을 때, 공기 중에서 소재성분과 유사한 입자를 일부 관찰할 수 있었다. 유도결합플라즈마로 분석한 공기 중 채취 시료에서는 사용소재와 관련된 알루미늄, 니켈, 마그네슘, 티타늄이 검출되었으나, 그 농도수준은 노출기준에 비해서 매우 낮은 수준이었다.



## 생물학적 노출지표 및 표면오염도 평가 등

1) 생물학적 노출지표 검사에서 니켈의 경우 최대값이  $20\mu\text{g/L}$  수준으로 기준값(주말,  $80\mu\text{g/L}$ )에 비해서 낮았으며, 대부분의 값은 일반인의 참고값( $5\mu\text{g/L}$ )보다 낮은 값이었다.

2) 표면오염도 조사에서 사업장 및 지점별로 차이가 컸으나, 니켈( $643\mu\text{g}/100\text{cm}^2$ )과 알루미늄( $414\mu\text{g}/100\text{cm}^2$ )이 상대적으로 높은 값을 보였다. 손의 오염도 조사에서는 다양한 금속이 소량 검출되었으나, 보호장갑을 착용하지 않고 작업한 작업자에서 티타늄( $22,036\mu\text{g}$ )과

알루미늄( $2,192\mu\text{g}$ )이 상대적으로 매우 높게 검출되었다.

3) 사무직 15명과 작업자 17명을 대상으로 설문한 결과, 건강증상 경험을 응답한 비율은 작업자가 사무직보다 높았다( $p=0.005$ ). 작업자 중에는 사용하는 소재의 유해성에 대해서 보통 이상으로 인식하는 비율이 83%였고, 물질안전보건자료와 인터넷정보를 활용하는 것으로 나타났다.





### III. 결론 및 정책제언

금속 3D 프린팅 사업장에서 나노입자 등 입자상 물질을 평가하였으며, 금속 성분의 노출을 확인하였다. 평가된 사업장의 노출수준은 낮은 것으로 판단되나, 프린팅 방식, 소재, 작업특성에 따라 노출될 수 있는 유해인자와 노출수준은 다를 것이다. 작업관찰 및 작업자 면담 등을 통해서 가장 유해한 환경은 프린팅을 위한 장비세팅, 소재의 처리(시빙 등), 후처리, 장비 청소 등으로 파악되었다. 각 작업단계에서 정해진 보호구를 착용하고 절차를 따르는 것이 중요하며, 주기적인 청소를 통하여 퇴적분진의 재비산을 방지하여야 한다. 수작업으로 분말소재를 옮기는 과정을 지급된 설비를 이용하여 밀폐된 상태에서 작업하거나, 그라인딩 등 후처리시 국소배기시설 활용 등도 방법이다.

정보통신산업진흥원에서 진행한 실태조사에 의하면, 3D 프린팅 관련 종사자 수는 2015년 980명에서 2020년 2,262명으로 꾸준히 증가하였다. 이 중 종사자 구분에서 금속 3D 프린팅 종사자 수만 따로 산출은 되지 않으나, 프린팅 작업 중 유해인자에 노출 가능한 장비제조, 소재제조 및 서비스에 종사하는 근로자는 2020년 1,455명 이었다. 현장평사대상 5개 사업장에서 분말소결방식의 경우, 사업장당 프린팅 장비는 2~3대 였으며, 실제 프린팅 작업장에서 작업하는 근로자는 1~2명 이었으며, 작업시간은 1일 1~4시간으로 관찰되었다. 프린팅하는 제품의 크기 및 운영조건 등에 따라 배치당 8시간에서 길게는 약 1주일 소요되기도 한다. 프린팅 과정에서 배기구에서 직독식 장비를 이용하여 분진농도를 측정한 결과 농도가 거의 '0'에 가까웠는데, 이는 장비 내부의 해파필터 등의 환기시스템에 의한 정화기능의 영향이라고 생각된다. 즉, 정상적인 작동상황에서는 프린팅 과정에서 내부에서 생성된 금속 흡은 외부로 방출되지는 않을 것으로 생각된다. 그러나, 비정상적인 상황 또는 작업 전, 후의 제품을 처리하는 과정에서는 입자의 재비산 등에 의하여 노출은 가능할 것으로 판단된다.

본 자료는 금속 3D 프린팅 사업장의 현 상태를 평가한 자료로서, 새로운 기술의 도입에 따른 작업자의 노출가능 유해인자 및 수준에 대한 유의미한 정보를 제공하리라 생각된다. 향후, 작업자의 건강보호를 위한 방안을 마련하는데 참고할 수 있을 것이다. 3D 프린팅 관련 전문가들은 프린팅방식 중에서 레진을 사용하는 광중합방식에서 유기화합물 등의 유해인자 발생이 많을 것으로 예측하고 있어, 향후 이에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.





# OSHRI : Now

- 01. 2022년 OSHRI 우수대회 개최
- 02. 2022년 산업안전보건연구원 Zip中(집중) 교육 진행
- 03. 건설안전 선진화를 위한 안전혁신 포럼 개최
- 04. 말레이시아 산업안전보건컨퍼런스 참가
- 05. 한국산업보건학회 참가

OSHRI:Now는 산업안전보건연구원 동정 및 현안을 전달합니다.



OSHRI우수대회 Best Researcher부분 수상자

## 2022년 OSHRI 우수대회 개최

산업안전보건연구원은 연구 및 전문사업 결과를 공유하고 우수사례 발굴을 통해 연구성과를 확산시키고자 6월 28일 「2022년 OSHRI 우수대회 - Best Speaker&Best Researcher」를 진행하였다. Best Speaker(발표대회) 부분은 연구 사례 등 자유주제에 대하여 개별 직원의 참여가 이뤄졌고 Best Researcher(우수 연구보고서) 부분은 2021년 자체 연구보고서를 대상으로 자체과제를 수행한 팀 단위의 대회 참가를 지원 받았다.

공정한 심사를 위하여 내·외부 직원의 심사로 이뤄진 대회에서 Best Speaker부문에서는 역학조사부 최영화 대리 외 5명(폐기물 소각장 근로자 노출 유해인자 및 건강영향 조사), Best Researcher부문에서는 화학물질평가 1부의 이해진 외 2명(노출기준이 없는 화학물질을 어떻게 관리할 수 있을까)이 각각 최우수상의 영예를 안았다. 이외에도 각 부문에서 우수상 2명, 장려상 4명이 선정되었으며, 최우수상을 수상한 발표는 향후 연구원 유튜브를 통해서 공개될 예정이다.

앞으로도 연구원은 OSHRI 우수대회를 매년 개최하여 직원들의 연구의욕을 고취하고 연구결과를 공유하는 시간을 통해 더 나은 연구의 발판으로 삼아나갈 예정이다.



연구원 Zip中(집중)교육 진행

## 2022년 산업안전보건연구원 Zip中(집중) 교육 진행

산업안전보건연구원은 연구사업에 필요한 지식과 정보습득의 기회를 제공하여 연구성과를 높이고 직원 전문성 향상에 기여하고자 8월 30일부터 31일까지 이틀간 「연구원 Zip中(집중) 교육」을 진행하였다.

이번 교육에서는 ‘근로환경조사 데이터를 활용한 SPSS 통계 분석’과정이 개설되어 ▲SPSS 기본 통계 프로그램 활용방법 ▲제6차 근로환경조사 데이터를 활용한 데이터 분석의 내용으로 진행되었다. 총 16시간 동안 진행된 교육에서 외부 및 내부 강사들의 참여로 전문성을 더하였다. 특히 근로환경조사 관련 데이터를 전문적 분석기법(t-test, ANOVA(분산분석), 다중회귀분석 등)을 학습한 후 직접 SPSS프로그램을 사용하여 실습하고, 내부 통계 전문가를 통해 피드백 받는 과정이 포함되어 교육 참여 직원들의 성취도가 높았다.

향후에도 연구원에서는 직원들의 역량강화를 위한 전문성 있는 교육과정을 개설하여 연구역량을 높여나갈 계획이다.



안전혁신포럼 개최

## 건설안전 선진화를 위한 안전혁신 포럼 개최

산업안전보건연구원은 건설안전 선진화를 위한 「안전혁신 포럼」을 9월 20일 코엑스에서 개최하였다. 포럼은 중대재해처벌법 시행 이후 건설업 안전 강화에 대한 사회적 요구에 부응하여, 건설안전의 한 단계 도약을 위한 혁신 방안을 공유하기 위해 마련되었다.

분야별 다양한 직종의 전문가들은 건설안전 선진화 방안에 대하여 ▲(세션1)건설현장 중대재 예방을 위한 대응전략 ▲(세션2)건설안전 패러다임 변화 및 선진화 방안의 2개 세션으로 발제 및 토론을 진행하였다. 첫 번째 세션에서는 국내 건설현장의 인력의 고령화, 공사기간 단축 등의 취약성을 점검하고 대응방향을 논의하였으며 이에 대한 예방전략 및 정책제도를 고찰하는 시간을 가졌다. 더불어 두 번째 세션에서는 최근 대두되고 있는 스마트 건설안전기술 동향과 안전관리 패러다임의 변화를 살펴보고 혁신을 어떻게 이뤄낼 것인가에 대한 토론이 이뤄졌다.

연구원은 포럼에서 다뤄진 논의들을 바탕으로 건설현장의 산업재해를 예방하기 위한 실행방안을 지속적으로 연구해나갈 것이며, 앞으로도 다양함 포럼 개최를 통해 산업재해예방에 대한 소통의 기회를 마련하여 안전보건에 대한 공감대를 확산해나갈 예정이다.





COSH 포스터



산업보건학회 포스터

## 말레이시아 산업안전보건 컨퍼런스 참가

산업안전보건연구원은 8월 29일부터 30일까지 진행된 말레이시아 산업안전보건연구원(NIOSH Malaysia)의 산업안전보건 컨퍼런스에 참가하였다. '새로운 도전과제에 대비하는 회복탄력성'이라는 주제로 개최된 이번 컨퍼런스에서 김은아 연구원장은 '포스트코로나 시대의 새로운 산업안전보건 도전과제'로 발표를 진행하였다. 코로나19로 인해 새롭게 촉발된 다양한 근로환경(콜센터, 물류·배달업종 등) 위험요인, 특히 제조업종의 근로환경 전반에 코로나19가 미친 고용감소, 근로시간의 감소 등을 살펴보았다. 또한, 포스트 코로나 시대를 대비하기 위해 필요한 사회적 안전망의 구축, 플랫폼 노동자와 돌봄 노동자와 같은 취약계층을 보호할 수 있는 대책의 필요성을 역설하였다.

## 한국산업보건학회 참가

산업안전보건연구원은 8월 24일부터 26일까지 진행된 한국산업보건학회에 참가하였다. 연구원에서는 전문교육강좌(박현희, 생물학적 유해인자), 중대재해처벌법 특강(김명준, 故김용균씨 산재사고 1심 판결이 주는 시사점과 증처법의 연사로 참여하여 안전보건관리자의 전문성 함양에 기여하고 산업보건의 현안을 공유를 위한 시간을 가졌다. 또한, '3D프린팅 기술의 국내의 동향과 안전보건 이슈'를 주제로 라운드테이블을 개설하여 해당 주제의 최신동향을 공유하였으며, 연구과제 18편(국내 항공승무원의 우주방사선 피폭특성 등)을 발표하였다.

앞으로도 연구원은 적극적인 학회참여를 통해 연구원의 연구결과를 전파하고 산업안전보건 분야에 최신트렌드를 이끌어가도록 노력해나갈 계획이다.



# YES G속 경영! 산업안전보건연구원

글로벌 메가트렌드인 ESG는 이미 국내외 기업 경영의 필수조건이며 최근 공공부문에서도 빠르게 확산되고 있습니다. 우리 산업안전보건연구원도 이러한 시대의 흐름에 따라 ESG가치 실현에 부합하는 새로운 전략을 세우는 등 경영수준을 고도화하고 있습니다.

## — ‘ESG’란? —

### 환경 | ENVIRONMENT



- 기후변화
- 탄소배출 저감
- 자원 절약 / 재활용 촉진
- 청정 기술 개발

### 사회 | SOCIAL



- 지역사회 상생
- 사회적 약자 지원
- 데이터 및 프라이버시 보호
- 차별 금지 및 다양성 존중

### 지배구조 | GOVERNANCE



- 이사회 투명성 제고
- 고용 평등
- 법과 윤리 준수
- 반부패 / 공정성 강화

[ ESG 경영의 개념 정리 ]



먼저 E, 친환경 경영입니다. 탄소배출량 감축 및 기후변화 대응을 접목한 사업을 수행하고 있습니다. 신재생 에너지 관련 연구 등을 적극 지원하고 탄소중립을 위한 환경개선 및 노력을 통해 친환경 연구실 조성을 이끌어 내겠습니다. 또한 연구전문지 OSHRI:View 등을 통한 기후변화 대처에 관한 공감대 등을 확산하겠습니다.

두 번째로 S, 사회적 책임 경영입니다. 연구원 보유자원을 적극 개방하고 사회 공헌 기능을 강화하고 있습니다. 연구원 실험장비 및 공간도서관을 더욱 폭넓게 개방하고 노하우와 전문기술을 활용한 사회적 이슈 해결을 위해 노력하겠습니다. 아울러 연구를 통한 특허기술을 무상 허여하고 연구원이 소재한 울산지역의 기업 및 지자체 등과 함께 사회적가치 실현을 위해 앞장서겠습니다.

세 번째로 G, 지배구조입니다. 공공성과 투명성 제고를 위한 시스템을 개선을 하였습니다. ESG 경영 선포식을 추진하여 임직원의 ESG 경영 동참에 대한 결의를 다짐하였으며 매 분기 ESG 경영점검위원회 운영을 통해 목표와 성과를 체크하여 지속가능한 ESG 경영을 표방하고 있습니다. 또한 높은 수준의 윤리를 준수하기 위하여 매년 연구원장이 직접 주관하는 연구윤리 Talk 특강을 추진하고 있습니다. 아울러 X세대와 MZ세대간의 차이를 이해하고 공감을 확산하기 위한 내부 소통경영도 확대하고 있습니다.



[ ESG 노·사 합동선포식 및 선언문 ]

이렇게 산재 예방 및 연구 및 전문사업의 지속가능한 미래가치를 창출하기 위하여 산업안전보건연구원의 YES G속 경영은 앞으로도 지속가능할 수 있도록 더욱 연구하고 도전하도록 하겠습니다.

## MEMO

## MEMO



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.

