연구전문지 OSHRI:VIEW Vol.15 No.4 (통권87호)

OSHRI:VIEW

보다 나은 미래,
연구로 보다

장시간 노동으로 인한 과로사 예방 연구

OSHRI:Issue

과로재해 실태 및 위험요인

과로사 예방을 위한 정책 -뇌심혈관질환을 중심으로-

장시간 노동 조사 및 과로사 예방방안 -택배, 마트배송 노동자를 중심으로-

OSHRI:Practice

건설업 및 제조업 사업장의 공개매개 감염병 대응 지침 개발

신규 작업환경측정분석 국가기술표준(KS) 소개

화학제품정보 물질안전보건자료시스템(MSDS시스템) 구축

산업재해예방
안전보건공단
산업안전보건연구원

OSHRI:VIEW는

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

이번호 책자의 표지는 바다를 떠올리게 하는 푸른색으로 선정했습니다. 사회 전분야가 그러하듯이 산업안전보건분야 또한 큰 변화의 물결 속에서 매번 스스로를 담금질하고 있습니다. 앞으로 산업안전보건 연구의 새물결을 우리 연구원에서 이끌어 나가겠다는 포부를 담은 OSHRI:View를 앞으로도 주목해 주시기 바랍니다.

OSHRI:VIEW [Vol.15 No.4 (통권87호)]

발 간 번 호 2021-산업안전보건연구원-747
발행연월일 2021년 11월 30일
발 행 처 산업안전보건연구원
발 행 인 김은아 연구원장
편집위원장 김은아 연구원장
편 집 위 원 안전보건정책연구실 오규헌 실장
산업안전연구실 김진현 실장
직업건강연구실 이상길 실장
직업환경연구실 박승현 실장
산업화학연구실 김현석 실장
고용노동부 최재윤 서기관
부경대학교 오창보 교수
가천대학교 함승헌 교수
실 무 위 원 정책제도연구부 김명준 부장
산업안전연구부 문병두 부장
역학조사부 이지혜 부장
직업환경연구실 박정근 선임연구위원
화학물질평가1부 이나루 부장
담 당 연구기획부 박현희 부장, 강민호 차장, 김유리 대리
문 의 052-703-0813
주 소 울산 중구 종가로 400 산업안전보건연구원
편집디자인 언프레임 주식회사
인 쇄 한결엠

* 본지에 실린 사진과 삽화, 원고는 저작권법의 보호를 받습니다.

산업재해예방
안전보건공단
산업안전보건연구원

차 례

Prologue | 텍스트 마이닝을 통해 돌아본 2021년 _____ 04

OSHRI : Issue

과로재해 실태 및 위험요인 _____ 08

과로사 예방을 위한 정책 -뇌심혈관질환을 중심으로- _____ 22

장시간 노동 조사 및 과로사 예방방안 -택배, 마트배송 노동자를 중심으로- _____ 32

OSHRI : Practice

건설업 및 제조업 사업장의 공기매개 감염병 대응 지침 개발 _____ 50

신규 작업환경측정분석 국가기술표준(KS) 소개 _____ 62

화학제품정보 물질안전보건자료시스템(MSDS시스템) 구축 _____ 68

OSHRI : Brief

마트노동자 근골격계질환 예방 가이드 마련에 관한 연구 _____ 82

직독식장치와 센서 기술을 이용한 작업환경 모니터링 현황과 전망 _____ 88

화학물질 취급 사업장 안전관리체계 개선 연구 _____ 94

정량적 위험성평가(CPQRA)방법 도입 방안 마련 연구 _____ 98

화학물질에 의한 면역성 질환의 AOP 적용 연구 -직업성 폐질환을 중심으로- _____ 102

인체피부모델을 이용한 산업화학물질의 피부자극성 분류 적용방안 연구 _____ 106

난용성물질의 흡입노출 후 표적 부위 노출 확인 연구 _____ 110

OSHRI : Now

코로나 이후 산업안전보건 변화를 전망한다 _____ 116

작업환경측정기관 분석자 대상 전문가 교육 공동개최 _____ 117

업종별/연령별/성별 암 발병률을 확인할 수 있는 시각화 자료 공개 _____ 118

SH@W로 읽는 전세계 산업안전보건연구 동향 _____ 119

Prologue

“텍스트 마이닝을 통해 돌아본 2021년”

2021년은 우리 모두에게 참으로 다사다난한 한 해였습니다.

코로나19는 여전히 종식되지 않은 채 일일확진자 수가 1천명, 2천명을 넘어
4천명까지 올라섰고, 산업현장의 보건관리는 그 중요성을 넘어 노동자와
국민의 생명을 지켜야 한다는 무거운 사명감과 책임감마저 더해졌습니다.

코로나 촉발 이후 완전히 재편된 사회와 산업현장을 진단하고
앞으로의 산업안전보건 연구방향을 설정하기 위해 연구원에서는 온·오프라인 포럼을 개최하고
『포스트코로나 시대 안전보건 전망과 해결과제』연구보고서를 발간하는 등
다양한 노력을 기울였습니다. 이에 더불어 연구원에서는 한 달여 앞으로 다가온 2022년
새해를 맞이해 지난 한 해를 되돌아보기 위해 국내 포털사이트 '네이버'의 뉴스 페이지에 게시된
산업안전보건 관련 기사와 댓글을 분석해보았습니다. (2021.1.1.-11.3. 기준)

2021년의 산업안전보건 화두는 단연 ‘중대재해처벌법’이었습니다(관련 키워드 ‘안전관리’, ‘사업주’,
‘중대재해’ 등). 경영책임자가 사업장의 안전보건 확보 의무를 가지고, 산재가 발생할 시
경영책임자를 처벌한다는 것을 골자로 한 동 법의 시행(2022.1월 예정)을 앞두고 각계각층의 목소리가
쏟아져 나왔습니다. 연구원에서도 본 지의 2호(『중대재해처벌법과 산업안전보건 연구』, 2021.9월
발간)를 통해 ‘중대재해처벌법’에 대해 심층적으로 다룬바 있습니다.

그 외에 눈에 띄는 키워드는 디지털기반 비대면 경제의 급진적인 확산으로 인한 '택배업', '쿠팡사', '오토바이', '물류센터' 등입니다. 온라인플랫폼 노동자의 안전보건관리의 주체 문제나, 택배노동자의 장시간 노동 등 이슈가 문제로 떠올랐습니다.
연구원에서는 산업안전보건 포럼을 통해 플랫폼 노동자의 안전을 짚어보고 택배업 종사자의 장시간 노동에 대한 연구보고서를 발간했습니다. 또한 이번 3호의 주제를 장시간 노동으로 선정하여 신속하게 이슈에 대응하고 종합적으로 고찰하는 계기를 마련해 보았습니다.

이외에도 '이제와서', '안전불감증', '열악한' 등 우리 산업안전보건 현장을 날카롭게 지적하는 키워드들이 눈에 띄었습니다. 산업안전보건연구원은 지난 30년 동안 대한민국 노동자의 생명과 건강을 지키기 위해 부단히 노력해 왔으나 아직 길고 긴 여정이 우리 앞에 놓여 있습니다.

연구원은 이 키워드를 채찍 삼아 더욱 적극적으로 트렌드를 읽어내고 우리의 역할과 의무에 대해 생각하며 오늘도 어제와 같이 꾸준하고 묵직한 한 걸음을 내딛겠습니다.

USH

RI:

VIEW

OSHRI : Issue

01. 과로재해 실태 및 위험요인

02. 중대재해처벌법 제정의 주요 쟁점과 직업병 예방
-뇌심혈관질환을 중심으로-

03. 장시간 노동 조사 및 과로사 예방방안
-택배, 마트배송 노동자를 중심으로-

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

01

가천대학교 의과대학 직업환경의학교실
최원준 교수

과로재해 실태 및 위험요인

주요 내용 요약

| 세계보건기구(WHO)와 국제노동기구(ILO)에서는 1주일에 55시간 이상 근무하는 경우 허혈성 심장질환과 뇌졸중의 위험이 유의하게 높아진다고 결론내린 바 있고, 우리나라에서는 돌발적인 사건이나 장시간 근무 등으로 인해 발생한 뇌심혈관계 질환을 업무상 질병으로 인정하고 있음

| 2019년 산재 요양재해자는 약 10만 9천여명이었고, 이 중 업무상 질병으로 요양하는 근로자 약 1만 4천명 중 뇌심혈관계 질환으로 요양하는 근로자는 1,460명으로 전체 업무상 질병자의 약 10% 정도를 차지

- 2019년 전체 산재보험급여 지급액은 약 5조 5,293억원 중 업무상 질병을 사유로 지급된 금액은 1조 7,617억원으로 전체의 약 31.8%를 차지하며 뇌심혈관계 질환으로 인한 요양급여비, 장해급여(연금), 유족연금 등을 합하면 약 5,411억원 수준임 (전체 산재보험급여 지급액의 약 10%, 업무상 질병 산재보험급여 지급액의 약 30%)

| 업무상 뇌심혈관계 질환의 위험요인은 고혈압, 당뇨병, 고지혈증(이상지질혈증), 흡연, 신체활동 부족, 연령 증가 등으로, 업무적 요인 중에서도 뇌심혈관계 질환의 위험을 높이는 요인은 장시간 노동, 교대근무, 신체적 또는 정신적 부담 등임

- 장시간 노동은 흡연, 음주, 신체활동 부족, 불건강한 식이, 수면 부족, 회복 부족 등 질병 발생의 위험을 높이는 방향으로 생활습관이 변화시키거나 자율신경계(특히 교감신경계) 활성화, 면역체계 교란, 혈압 상승, 심방세동 등 신체적·생리적 변화를 유발함
- 교대근무가 건강에 부정적인 영향을 미치는 이유는 일주기 리듬의 교란으로 인해 혈압이 높아지고 충분한 회복이 되지 못하는 생리적 변화가 발생하여 뇌심혈관계 질환의 위험이 높아짐
- 육체적 노동의 강도가 높으면 혈압이 상승하거나 심근의 산소요구량이 높아지는 등 심혈관계의 부담이 높아지며 같은 정도의 신체적 부담이라도 심폐기능이 충분히 높은 사람에게는 질병 위험이 증가하지 않는 반면, 심폐기능이 부족한 사람에게는 질병을 유발

| 고혈압과 같은 질병을 치료하고 관리하며 건강한 생활습관을 유지하는 것은 개인의 영역에 속한다고 볼 수 있지만, 온전하게 개인에게만 책임을 물을 수 있을지에 대해서는 보다 깊은 고민이 필요

I. 서론

과로(過勞, overwork)를 직역하면 "지나치게 일한다"는 뜻이다. 과로에 대한 학문적 정의가 명확한 것은 아니지만, 일하는 시간이 길다는 뜻의 장시간 노동(양적인 측면)과 노동강도, 휴식의 부족 및 업무로 인한 과도한 정신적 부담과 스트레스(질적인 측면)를 포괄하는 개념으로 쓰인다.

일본에서 1969년 29세의 신문발송부 직원이 뇌졸중으로 사망하자 이를 돌연사라고 부르며 업무관련 사망이라는 주장이 제기된 이래, 과로사라는 개념이 등장하였다. 이후 과로사라는 용어는 고유명사화 되었고 2002년에는 영어사전에도 등재될 정도로 심각한 사회문제로 인식되어 왔다. 2015년에는 지나치게 긴 업무시간, 야근, 초과근무, 업무적 스트레스로 인해 24세 신입직원이 자살하는 사건, 이른바 과로자살이 발생하여 다시 한 번 큰 사회문제가 된 바 있다.

우리나라, 일본, 대만 등의 동양사회와 달리 서구사회에서는 심근경색이나 뇌출혈과 같은 뇌심혈관계 질환의 업무관련성에 대해 다소 부정적인 시각이 있었다. 그러나, 유럽을 중심으로 한 서구에서도 여러 연구를 통해 장시간 근무가 뇌심혈관계 질환의 위험요인임을 제시한 바 있다. 세계보건기구(WHO)와 국제노동기구(ILO)에서는 그동안의 연구결과들을 종합적으로 분석하여 1주일에 55시간 이상 근무하는 경우 허혈성 심장질환과 뇌졸중의 위험이 유의미하게 높아진다고 결론내린 바 있다.

우리나라에서는 돌발적인 사건이나 장시간 근무 등으로 인해 발생한 뇌심혈관계 질환을 업무상 질병으로 인정하고 있다. 이 글에서는 우리나라 과로재해의 실태와 위험요인에 대한 뇌심혈관계 질환을 중심으로 살펴보기로 한다.

II. 업무상 뇌심혈관계 질환 현황

업무상 질병 인정 기준

업무상 재해는 업무상 사고, 업무상 질병, 출퇴근 재해 등으로 구분하며, 구체적인 인정 기준은 산업재해보상보험법 시행령에서 정하고 있다. 산업재해보상보험법 시행령 제34조(별표 3)에 따른 뇌혈관 질병 또는 심장 질병의 구체적인 인정기준은 다음과 같다.

「산업재해보상보험법 시행령」 [별표 3]

업무상 질병에 대한 구체적인 인정기준(제34조제3항 관련)

1. 뇌혈관 질병 또는 심장 질병

가. 다음 어느 하나에 해당하는 원인으로 뇌실질내출혈, 지주막하출혈, 뇌경색, 심근경색증, 해리성 대동맥자루가 발병한 경우 업무상 질병으로 본다. 다만, 자연발생적으로 악화되어 발병한 경우에는

업무상 질병으로 보지 않는다.

1) 업무와 관련한 돌발적이고 예측 곤란한 정도의 긴장·흥분·공포·놀람 등과 급격한 업무 환경의 변화로 뚜렷한 생리적 변화가 생긴 경우

2) 업무의 양·시간·강도·책임 및 업무 환경의 변화 등으로 발병 전 단기간 동안 업무상 부담이 증가하여 뇌혈관 또는 심장혈관의 정상적인 기능에 뚜렷한 영향을 줄 수 있는 육체적·정신적 과로를 유발한 경우

3) 업무의 양·시간·강도·책임 및 업무 환경의 변화 등에 따른 만성적인 과중한 업무로 뇌혈관 또는 심장혈관의 정상적인 기능에 뚜렷한 영향을 줄 수 있는 육체적·정신적인 부담을 유발한 경우

나. 가목에 규정되지 않은 뇌혈관 질병 또는 심장 질병의 경우에도 그 질병의 유발 또는 악화가 업무와 상당한 인과관계가 있음이 시간적·의학적으로 명백하면 업무상 질병으로 본다.

다. 가목 및 나목에 따른 업무상 질병 인정 여부 결정에 필요한 사항은 고용노동부장관이 정하여 고시한다.

위에서 보는 바와 같이, 업무상 뇌혈관 질병 또는 심장 질병이란 업무와 관련한 요인이 뇌혈관 또는 심장혈관의 뚜렷한 생리적 변화를 유발한 경우로, 육체적·정신적 과로를 모두 포함한다는 것을 알 수 있다.

한편, 업무상 질병 인정 여부 결정에 필요한 사항은 고용노동부장관이 정하여 고시하도록 하고 있으며, 사회적 환경의 변화와 관련 연구결과를 반영하여 지속적으로 개정되어 왔다. 현재 고용노동부고시의 주요 내용은 다음과 같다.

뇌혈관 질병 또는 심장 질병의 업무상 질병 인정 여부 결정에 필요한 사항
(고용노동부고지 제1017-117호)

가. 증상 발생 전 24시간 이내에 업무와 관련된 돌발적이고 예측 곤란한 사건의 발생과 급격한 업무환경의 변화(「산업재해보상보험법 시행령」(이하 영이라고 한다) 별표 3 제1호 가목 1) 관련)

나. 발병 전 1주일 이내의 업무의 양이나 시간이 이전 12주(발병 전 1주일 제외)간에 1주 평균보다 30퍼센트 이상 증가되거나 업무 강도·책임 및 업무 환경 등이 적응하기 어려운 정도로 바뀐 경우로, 업무의 양·시간·강도·책임, 휴일·휴가 등 휴무시간, 근무형태·업무환경의 변화 및 적응기간, 그 밖에 그 근로자의 연령, 성별 등을 종합하여 판단(영 별표 3 제1호 가목 2) 관련)

다. 발병 전 3개월 이상 연속적으로 과중한 육체적·정신적 부담을 발생시켰다고 인정되는 업무적 요인이 객관적으로 확인되는 상태로, 업무의 양·시간·강도·책임, 휴일·휴가 등 휴무시간, 교대제 및 야간근로 등 근무형태, 정신적 긴장의 정도, 수면시간, 작업 환경, 그 밖에 그 근로자의 연령, 성별 등을 종합하여 판단하되, 업무시간과 작업 조건에 따른 업무와 질병과의 관련성을 판단할 때에는 다음 사항을 고려(영 별표 3 제1호 가목 3) 관련)

1) 발병 전 12주 동안 업무시간이 1주 평균 60시간(발병 전 4주 동안 1주 평균 64시간)을 초과하는

경우에는 업무와 질병과의 관련성이 강하다고 평가

2) 발병 전 12주 동안 1주 평균 업무시간이 52시간을 초과하는 경우에는 업무시간이 길어질수록 업무와 질병과의 관련성이 증가하는 것으로 평가하며, 특히, 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 업무를 수행하는 경우(업무부담 가중요인)에는 업무와 질병과의 관련성이 강하다고 평가

① 근무일정 예측이 어려운 업무

② 교대제 업무

③ 휴일이 부족한 업무

④ 유해한 작업환경 (한랭, 온도변화, 소음)에 노출되는 업무

⑤ 육체적 강도가 높은 업무

⑥ 시차가 큰 출장이 잦은 업무

⑦ 정신적 긴장이 큰 업무

3) 발병 전 12주 동안 업무시간이 1주 평균 52시간을 초과하지 않는 경우라도 2항의 업무부담 가중요인에 복합적으로 노출되는 업무의 경우에는 업무와 질병과의 관련성이 증가

라. 오후 10시부터 익일 6시 사이의 야간근무의 경우에는 주간근무의 30%를 가산(휴게시간은 제외)하여 업무시간을 산출(다만, 「근로기준법」제63조제3호에 따라 감시 또는 단속적으로 근로에 종사하는 자로서 사용자가 고용노동부장관의 승인을 받은 경우와 이와 유사한 업무에 해당하는 경우는 제외)

뇌심혈관계 질환이 발생한 근로자에게 돌발적이고 예측 곤란한 사건의 발생이나 급격한 업무환경의 변화가 발생한 경우, 단기간 동안 업무상 부담이 발생한 경우, 만성적으로 과중한 업무가 있었던 것이 확인되는 경우 등에 해당한다면 업무와의 관련성이 높은 것으로 보아 업무상 질병으로 인정한다는 것이다.

업무상 뇌심혈관계 질환의 규모와 사회적 부담

뇌심혈관계 질환은 중증도가 높아 사망에 이르는 경우가 많고, 장해가 남는 경우도 흔해서 사회경제적 부담이 매우 높다. 업무상 질병으로써의 뇌심혈관계 질환도 마찬가지이다.

[표1, 2]와 같이 2019년 산재 요양재해자는 약 10만 9천여명이었고, 이 중 업무상 질병으로 요양하는 근로자는 약 1만 4천명이었다. 뇌심혈관계 질환으로 요양하는 근로자는 1,460명으로 전체 업무상 질병자의 약 10% 정도를 차지하였다.

[표1] 2019년 산업재해 현황

출처 | 2019년 산업재해 현황분석, 고용노동부

적용사업장수 (개소)	대상근로자수 (명)	요양재해자수(명)			
		계	사망	부상	업무상질병(사망자제외)
2,680,874	18,725,160	109,242	2,020	92,932	14,030

[표2] 2019년 업무상 질병 현황(단위: 명)

출처 | 2019년 산업재해 현황분석, 고용노동부

총계		15,195
직업병	소계	4,035
	진폐	1,467
	난청	1,986
	금속 및 중금속 중독	9
	유기화합물 중독	19
	기타화학물질 중독	128
	기타	426
직업관련성 질병	소계	11,160
	뇌심혈관계 질환	1,460
	신체부담작업	4,988
	요통	4,276
	기타	436

비고) 업무상질병자수 = 업무상질병 요양자수 + 업무상질병 사망자수

뇌심혈관계 질환의 특성상 산재보험급여에서 차지하는 비중이 상당히 크다. [표3]과 같이 2019년 전체 산재보험급여 지급액은 약 5조 5,293억원 정도였는데, 이 중 업무상 질병을 사유로 지급된 금액은 1조 7,617억원으로 전체의 약 31.8%를 차지하였다. 뇌심혈관계 질환으로 인한 요양급여비, 장해급여(연금), 유족연금 등을 합하면 약 5,411억원으로, 전체 산재보험급여 지급액의 약 10%, 업무상 질병 산재보험급여 지급액의 약 30%를 차지하는 큰 규모이다.

[표3] 2019년 보험급여 지급 현황

출처 | 2019년도 산재보험 사업연보. 고용노동부

구분		인원(명)	금액(백만원)
업무상 사고		256,374	3,767,571
업무상 질병	진폐	18,977	492,638
	뇌심혈관계 질환	16,133	541,132
	이황화탄소	763	33,930
	근골격계 질환	14,744	281,984
	기타 질환	13,193	412,104
	소계	63,810	1,761,789
전체		320,184	5,529,360

III. 업무상 뇌심혈관계 질환의 위험요인

뇌심혈관계 질환의 위험요인으로 잘 알려진 것은 고혈압, 당뇨병, 고지혈증(이상지질혈증), 흡연, 신체활동 부족, 연령 증가 등이다. 업무적 요인 중에서도 뇌심혈관계 질환의 위험을 높이는 요인이 있는데, 장시간 노동, 교대근무, 신체적 또는 정신적 부담 등이 이에 해당한다.

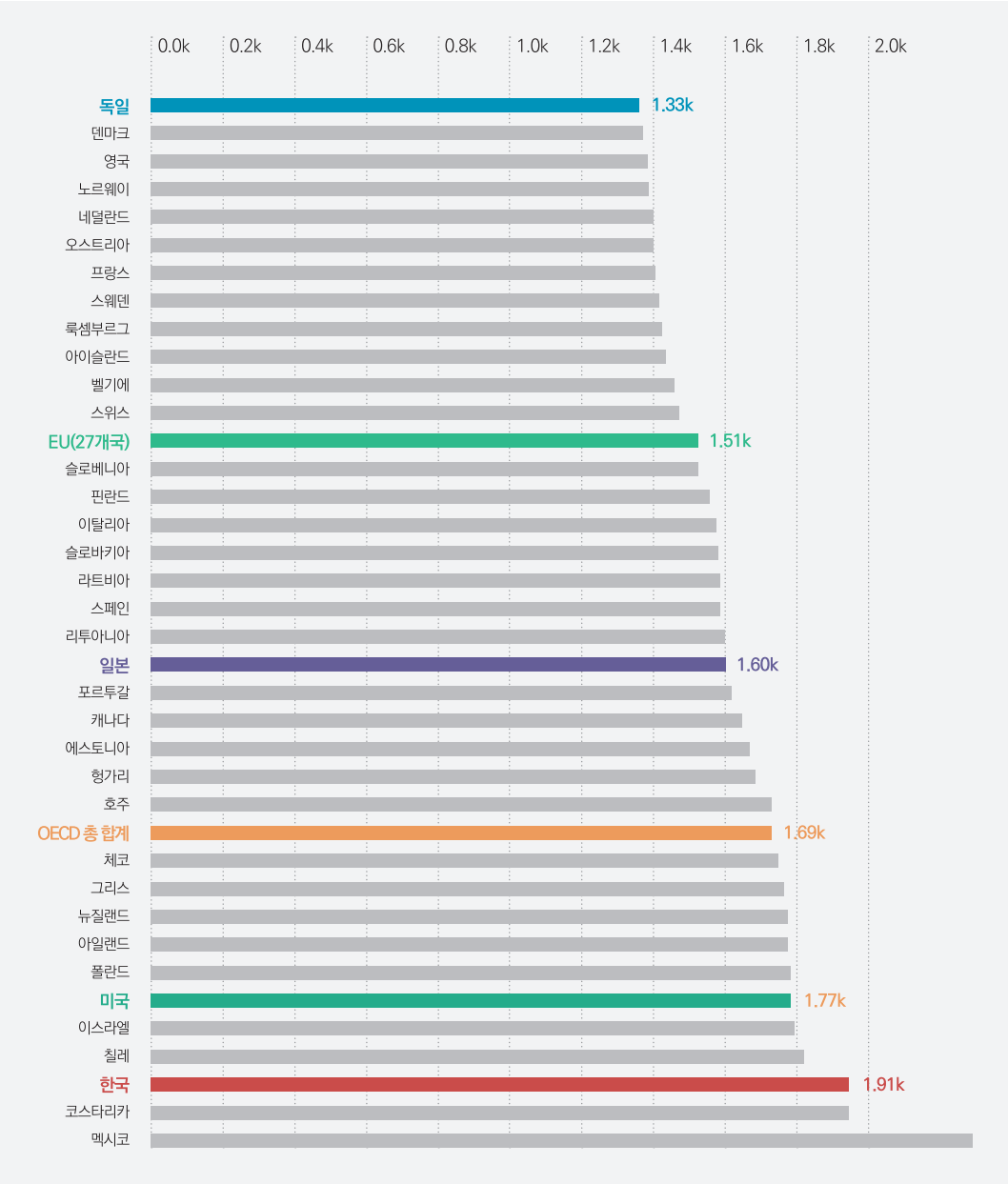
장시간 노동

WHO/ILO 합동 연구진은 1주일에 55시간 이상 근무하면 40시간 이하로 근무하는 경우에 비해 허혈성 심장질환의 위험이 1.17배(95% 신뢰구간 1.05-1.31) 높아지고, 뇌졸중의 위험이 1.35배(95% 신뢰구간 1.13-1.61) 높아진다고 밝힌 바 있다.

장시간 근무가 허혈성 심장질환이나 뇌경색 발생에 영향을 미치는 기전으로 크게 두 가지 경로를 제시하였다. 첫 번째는 장시간 근무로 인해 흡연, 음주, 신체활동 부족, 불건강한 식이, 수면 부족, 회복 부족 등 질병 발생의 위험을 높이는 방향으로 생활습관이 변화한다는 것이고, 두 번째는 자율신경계(특히 교감신경계) 활성화, 면역체계 교란, 혈압 상승, 심방세동 등 신체적·생리적 변화가 유발된다는 것이다. 이 중 첫 번째 경로인 불건강한 생활습관은 장시간 근무의 영향이 비교적 단기간 동안 부담을 높여 질병 발생의 위험이 증가할 뿐 아니라 장기간에 걸쳐 부정적인 영향을 미칠 수 있다는 점을 시사하며, 병리적인 신체적 변화를 보이기 이전에도 건강상태에 영향을 미친다는 점에서 의미가 있다.

우리나라 노동자는 전 세계에서 가장 긴 시간을 일하는 편이다. 경제협력개발기구(OECD)에 노동시간 자료를 공식 제출하기 시작한 2008년 연간노동시간이 2,228시간으로 코스타리카(2,392시간)에 이어 2위를 기록한 이래, 최근까지 2~3위에 해당하는 장시간 노동을 하고 있다. 사회 전체의 노력으로 연간노동시간은 점차 줄어들어서 2018년 연간노동시간이 2천시간 이하(1,993시간)를

기록하였고 2020년에는 1,908시간으로 계속 감소하고 있지만, 여전히 OECD 평균(1,687시간)에 비해 200시간 이상 긴 편이며, 독일과 같이 노동시간이 가장 짧은 나라(1,332시간)에 비해서는 500시간 이상 더 일을 하고 있다.



[그림1] OECD 국가별 연간노동시간(2020년)

1953년 근로기준법이 제정될 당시 법정 근로시간은 1일 8시간, 1주일에 48시간이었고, 사업주와 근로자의 합의에 의해 1주일에 60시간까지 근로할 수 있다고 정했다. 이후 개정을 거치면서 법정 근로시간은 주 44시간(1989년 개정), 주 40시간(2003년 개정)으로 점차 줄어들었지만, 휴일근로과

연장근로에 대한 해석에 따라 당사자 간의 합의에 의해서 근로할 수 있는 시간은 오히려 늘어나서 2018년 개정 이전에는 1주일에 최대 68시간까지 근로하는 것이 법적으로 가능한 상황이었다. 또한, '노동시간 특례업종'이 26개나 지정되어 노사 간의 서면합의없이 연장근로를 할 수 있는 근로자가 약 495만명에 달했다. 2018년 근로기준법을 개정하면서 "1주일은 휴일을 포함한 7일"이라고 명문화하고, 휴일근로를 포함한 연장근로 시간을 최대 12시간으로 정했다. 이에 따라 법정 근로시간은 주 40시간, 최대 주 52시간이 되었다. 노동시간 특례업종도 26개에서 육상운송업, 수상운송업, 항공운송업, 기타 운송관련 서비스업, 보건업 등 5개로 대폭 축소하였다.

이러한 변화와 노력에도 불구하고 근로자 5인 미만 사업장과 5개 특례업종에서 근무하는 근로자는 여전히 근로시간 제한이 없는 상황이라 장시간 근무에서 벗어나지 못할 우려가 남아있다.

교대근무

교대근무(shift work)의 학문적 정의는 통일되어 있지 않다. 일반적으로 주간근무시간을 오전 6시~오후 5시(또는 오전 7시~오후 6시)로 보는데, 근무시간이 이러한 주간근무시간에 고정되지 않고

다양하게 분포하며, 가변적이고 표준적이지 않은 경우를 포괄적인 의미에서 교대근무라고 할 수 있다.

교대근무가 건강에 부정적인 영향을 미치는 이유는 일주기 리듬의 교란(circadian rhythm disruption)과 사회적 활동의 제약으로 대표된다. 수면장애로 인한 생체리듬의 교란 및 교감신경계의 항진으로 혈압이 높아지고 충분한 회복이 되지 못하는 생리적 변화로 인해 뇌심혈관계 질환의 위험이 높아진다는 것이다. 사회적 활동을 할 수 있는 시간을 충분히 확보하지 못하면 고립감과 스트레스가 증가하며, 불건강한 식이, 신체활동 부족 등 생활습관의 변화도 뇌심혈관계 질환의 위험을 높이는 것으로 알려져 있다.

교대근무가 건강에 미치는 영향을 다룬 많은 연구는 야간근무를 포함하는 형태의 교대근무에 관심을 두고 있다. 위에서 설명한 여러 현상은 야간근무에서 두드러지게 나타나기 때문이다. 실제로 사업장에서 교대근무를 시행하는 이유도 최대 근무시간의 확보에 있는 경우가 많기 때문에 교대근무에는 야간근무가 포함되는 경우가 흔하다. 야간근무가 없더라도 교대주기가 짧은 경우, 순환근무, 주말 근무 등은 건강장해를 유발할 가능성이 있으며, 특히 장시간 근무에 더해서 이루어지는 경우 주의할 필요가 있다고 하는 최근의 연구결과도 있으므로 야간근무 이외의 교대근무에도 대한 관심을 기울일 필요가 있다.

신체적 부담

육체적 노동의 강도가 높으면 혈압이 상승하거나 심근의 산소요구량이 높아지는 등 심혈관계의 부담이 높아진다. 특히 허혈성 심장질환은 신체활동으로 인한 부담과 심폐기능 사이의 적합도와 관련이 높다. 즉, 같은 정도의 신체적 부담이라도 심폐기능이 충분히 높은 사람에게는 질병 위험이 증가하지 않는 반면, 심폐기능이 부족한 사람에게는 질병을 유발할 수 있다.

신체활동의 부담은 대사당량(metabolic equivalent, METs)이라는 지표로 나타낼 수 있고, 심폐기능은 최대산소소비량(maximal oxygen consumption, VO2 max)과 같은 지표로 정량화 할 수 있다. 이처럼 특정 작업에 대한 신체적 부담이 개별 근로자의 심폐기능에 비해 과도한지를 알 수 있는 방법은 있지만, 현실적으로 모든 작업에 대해 표준화되어 있지는 못하다.

현재 신체적 부담이 높은 직업군에 속하는 경우 뇌심혈관계 질환의 직업적 위험요인으로 인정하고 있지만, 같은 직업군 내에서도 실제로 수행하는 구체적인 작업의 부담을 평가할 필요가 있고, 개별 근로자의 심폐기능을 고려하여 종합적으로 판단하는 것이 중요하다.

유해한 작업환경

추위에 노출되면 체온을 유지하기 위해 혈관이 수축하고 이에 따라 혈압이 상승하여 심혈관계 부담이 높아진다. 따라서 한랭 환경은 뇌심혈관계 질환에 대한 위험요인이라고 볼 수 있다. 근로환경조사 자료를 바탕으로 전체 근로자의 약 15%가 작업 중 저온(추위)에 노출되는 것으로 추정한 연구결과가 있다. 옥외에서 일하는 경우가 많은 건설업, 농림어업 종사자는 한랭 환경에 더 많이 노출되고 있다.

고온과 상온을 빈번하게 오가는 경우와 같이 온도 변화가 심한 환경도 뇌심혈관계 질환의 위험을 높이는 것으로 알려져 있다. 여름철 더위와 같이 고온 환경 자체도 수분감소로 인한 혈액의 점성 증가, 신체대사 증가로 인한 심혈관계 부담 등으로 인해 뇌심혈관계 질환의 위험이 높아진다.

소음에 노출되는 환경도 뇌심혈관계 질환의 위험을 높일 수 있다. 연구에 따르면 80 dB 이상의 소음에 지속적으로 노출되면 혈압이 상승하는 등 심혈관계 부담이 높아진다고 알려져 있다.

정신적 긴장

정신적 긴장과 스트레스는 뇌심혈관계 질환의 위험을 높인다고 알려져 있지만, 정량적인 평가가 어렵고 상황과 맥락을 고려해야 하기 때문에 뇌심혈관 질환의 업무적 부담을 평가할 때 가장 어려운 영역에 속한다.

현재 업무상 질병 여부 인정을 위한 조사와 판정에서는 발병에 근접한 시기에 정신적 긴장을 동반하는 업무와 관련된 사건이 있었는지, 일상적으로 정신적 긴장을 동반하는 업무를 수행했는지 등을 바탕으로 다음과 같이 판단하고 있다.

〈발병에 근접한 시기에 정신적 긴장을 동반하는 업무와 관련된 사건〉

· 업무상 재해로 큰 상처나 병을 입었다.
· 중대한 사고나 재해발생에 직접 관여하였다.
· 비참한 사고나 재해를 체험(목격)하였다.
· 중대한 사고(사건)에 대해 책임을 지게 되었다.
· 회사의 경영에 영향을 주는 중대한 업무상 실수를 하였다.
· 업무에 관련하여 위법 행위를 강요당했다.
· 업무목표를 달성하지 못하였다.
· 이동(전근, 배치전환, 비연고지 근무 등)이 있었다.
· 상사, 고객 등과 큰 트러블이 있었다.
· 심한 직장 내 괴롭힘이 있었다.
· 성희롱이 있었다.

〈일상적으로 정신적 긴장을 동반하는 업무〉

· 항상 자기 또는 타인의 생명, 재산이 위협받을 위험성이 있는 업무
· 위험회피책임이 있는 업무
· 인명과 사람의 일생을 좌우할 수 있는 중대한 판단이나 처리가 요구되는 업무
· 극히 위험한 물질을 다루는 업무
· 회사에 중대한 손실을 초래할 수 있는 중대한 책임이 있는 업무
· 과도한 달성목표 또는 업무량이 할당되어있는 업무
· 정해진 시간(납기 등)대로 수행하지 않으면 안되는 곤란한 업무
· 고객과의 큰 트러블이나 복잡한 노사분쟁의 처리 등을 담당하는 업무
· 주위의 이해나 지원이 없는 상황하의 곤란한 업무
· 복잡하고 곤란한 신규사업, 회사의 재건을 담당하는 업무

Ⅳ. 결론

과로는 뇌심혈관계 질환의 위험을 높인다. 특히 장시간 근무, 교대근무, 한랭·고온 작업환경, 신체적·정신적 부담은 뇌심혈관계 질환의 위험을 높이는 직업적 요인으로 알려져 있다.

의학적 관점에서는 고혈압, 당뇨병, 고지혈증(이상지질혈증), 흡연, 불건강한 식이, 신체활동 부족 등이 업무적 요인 이상으로 중요한 뇌심혈관계 질환의 위험요인이다. 따라서, 이러한 위험요인을 관리하고 조절하는 것이 반드시 필요하다.

고혈압과 같은 질병을 치료하고 관리하며 건강한 생활습관을 유지하는 것은 개인의 영역에 속한다고 볼 수 있지만, 온전하게 개인에게만 책임을 물을 수 있을지에 대해서는 보다 깊은 고민이 필요하다. 벨기에 근로자들을 대상으로 심혈관계 질환의 위험요인인 흡연, 신체활동 부족, 비만, 고혈압의 유병률을 조사한 결과, 업종에 따라 심혈관계 위험요인의 분포가 다르다는 것을 제시한 연구가 있다. 운수창고업, 건설업 등에 종사하는 근로자들이 다른 업종의 근로자에 비해 더 많은 위험요인을 가지고 있다는 것인데, 업종에 따른 근무환경 특성이 영향을 미쳤다고 해석할 수 있다. 예를 들어 직업운전자는 도로상황을 예측하기 어렵고 야간에 운전하는 경우가 많아 건강한 식단을 유지하기 어려운데, 그렇다면 직업운전자의 불건강한 식생활은 온전히 개인의 책임일까?

장시간 근무에 시달려 건강이 나빠지고 제 때 치료받지 못하는 근로자가 없도록, 충분한 휴식과 일-가정의 양립을 통해 건강한 환경을 유지할 수 있도록 사회 구성원 모두의 지속적인 노력이 필요하다.

참고문헌

- 고용노동부, 근로기준법상 근로시간 규정의 주요내용
- 고용노동부 산재보상정책과, 2019년도 산재보험 사업연보
- 고용노동부 산재예방정책과, 2019년 산업재해 현황분석
- 이완형 등, 기후변화에 따른 옥외작업자 건강보호 종합대책 마련 연구. 산업안전보건연구원. 2019.
- OECD (2021), Hours worked (indicator). doi: 10.1787/47be1c78-en (Accessed on 08 November 2021)
- Rugulies R, Sørensen K, Di Tecco C, et al.. The effect of exposure to long working hours on depression: A systematic review and meta-analysis from the WHO/ILO Joint Estimates of the Work-related Burden of Disease and Injury. Environ Int. 2021;155:106629. doi: 10.1016/j.envint.2021.106629.
- Vandersmissen GJM, Schouteden M, Verbeek C, et al.. Prevalence of high cardiovascular risk by economic sector. Int Arch Occup Environ Health. 2020;93(1):133-142. doi: 10.1007/s00420-019-01458-9.

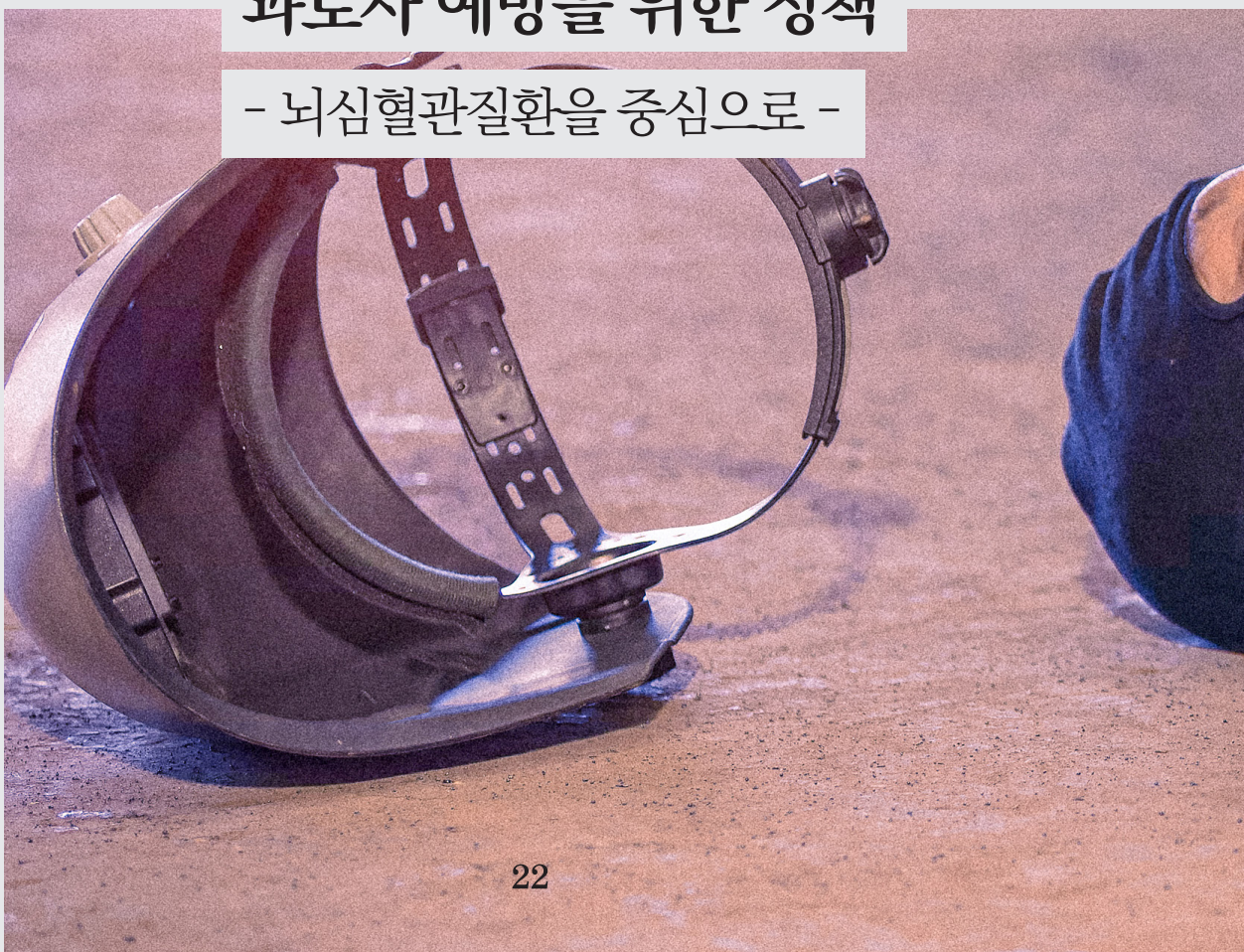
본 원고는 작성자의 주관적인 견해이며, 연구원의 의견과 다를 수 있음을 알려드립니다.

02

한양대학교 의과대학 직업환경의학교실
김인아 교수

과로사 예방을 위한 정책

- 뇌심혈관질환을 중심으로 -



주요 내용 요약

- 코로나19 이후 택배 물량의 급증으로 인한 택배 노동자들의 과로사 등 다양한 불안정 노동자들의 과로사가 사회적으로 큰 이슈가 되고 있으며 2020년 뇌심혈관질환으로 인한 사망자 54,207명의 3.4%인 1,843명은 장시간 노동과 관련이 있는 사망이라고 추산할 수 있음

- 노동시간의 단축, 야간노동에 대한 규제, 표준적 노동시간 도입 등 중앙정부와 지방정부, 다양한 노사 주체들의 참여 속에 심도 깊은 논의를 바탕으로 해결책 마련 필요
  - 2018년 근로기준법 개정에 따라 주당 최대 근로시간은 52시간이나, 5인 미만 사업장 임금근로자, 특고, 플랫폼, 영세자영업자 등 비임금근로자는 근로기준법 적용을 받지 못하고 있음
  - 현재 야간노동과 관련해서는 특수건강진단 시행 이외에 특별한 정책적 개입이 이루어지고 있지 않아 최소화와 법적 규정 마련 등 제도적 개입이 필요

- 야간노동 종사자에 대한 특수건강진단과 이에 대한 사후관리를 통해 건강관리를 제공할 수 있는 제도적 접근성의 확대 또한 중요한 과제임
  - 현재 공단의 과로사 예방 관련 지침의 경우 사업장의 보건관리자의 전문성 및 전문가와의 협업이 요구되며, 보건관리자 선임의 의무가 없는 경우 보건관리 사각지대가 발생하는 등 다양한 어려움이 있음

- 고용노동부뿐만이 아니라 보건복지부와 교육부 등 중앙정부의 다양한 부처들이 협업하고 지방정부 차원에서의 접근성을 높여가기 위한 방법으로서 과로사 방지법의 제정 및 시행은 의미가 있음
  - 과로사를 줄이기 위해 장시간 노동에 종사하는 노동자 비율을 줄이는 등 정책적 개입 및 근거 기반의 의학적 중재 방법을 찾는 연구 수행이 필요

- 중앙 정부의 각 부처, 지역사회의 다양한 자원, 예방 서비스와 보건의료서비스에 대한 접근성에서의 불평등이 완화되어야 과로사 예방이 가능할 것으로 전망됨

I. 서론

노동의 양적·질적으로 과중함에 의한 사망을 의미하는 '과로사'는 엄밀한 관점에서 의학적 용어는 아니다. 다만, 일종의 사회적 용어로서 장시간 노동이 오랜 시간 중요한 이슈였고, 이와 관련하여 뇌심혈관질환의 업무관련성을 인정해온 한국, 일본, 대만 등에서 주로 사용하는 용어이다. 특히, 일본에서 「과로사 등 방지대책 추진법」이 제정·시행된 2014년 이후에는 뇌심혈관질환뿐만 아니라 자살로 인한 사망까지를 포괄하는 개념으로 의미가 넓어졌다.

노동의 양적·질적 과중함이 과로사의 주요한 원인 중 하나라는 점을 고려하면 1차 예방 차원의 정책이 크게 다르지 않을 수 있다. 그러나 뇌심혈관질환의 경우 노동시간의 길이가 업무관련성을 인정하는 주요한 근거인 반면, 자살은 정신적인 부담과 충격이 주요한 근거이다. 따라서 1차 예방 차원에서의 접근 전략이 다르다. 또한 사망의 직접 원인이 되는 뇌심혈관질환과 정신질환의 병태생리를 감안할 때 2차 예방 차원의 접근 또한 다를 수 있다.

2020년 사망원인통계에 따르면 인구 10만명당 사망률은 심장질환이 63명으로 2위, 뇌혈관질환이 42.6명으로 4위였다. 2010년에 비해 심장질환으로 인한 사망은 2010년에 비해 10만명당 17명이 증가하였고, 뇌혈관 질환으로 인한 사망은 10만명당 10명이 감소하였다. 2020년 한 해 전체 사망자의 약 18%, 40대-60대 연령 인구의 약 14%가 뇌심혈관질환으로 사망하였다. 이러한 질병부담과 노동인구의 고령화를 감안할 때 업무관련성 인정 여부와 별개로 뇌심혈관계질환 예방과 관리는 주요한 직업보건 어젠더이다.

특히, 코로나19 이후 택배 물량의 급증으로 인한 택배 노동자들의 과로사 등 다양한 직종의 불안정 노동자들의 과로사가 사회적으로 큰 이슈가 되고 있다. 따라서 이 글에서는 뇌심혈관질환을 중심으로 예방 정책을 다루고자 한다.

II. 표준적 노동시간 정책

노동시간의 단축

최근 WHO와 ILO가 공동작업을 통해 발표한 논문과 자료에 따르면 2016년 전 세계 뇌심혈관계질환으로 인한 사망에 대한 55시간 이상의 장시간 노동의 인구집단기여위험분율(Population Attributable Fraction, PAF)은 3.7%였다. WHO가 홈페이지에 공개한 산출 자료에 따르면 한국에서의 장시간 노동의 PAF는 3.4%였다. 이 수치를 단순히 산술적으로 적용을 해보면 2020년 뇌심혈관질환으로 인한 사망자 54,207명의 3.4%인 1,843명은 장시간 노동과 관련이 있는 사망이라고 볼 수 있다. 정연 등이 2018년 발표한 연구결과에 따르면 40대 남성의 전체 뇌심혈관질환 유병자의 10%, 50대와 60대의 9%가 60시간 이상의 장시간 노동에 기인한 것이라고 했다.

이러한 연구결과들에 따르면 노동시간의 감소는 과로사 예방을 위한 가장 기본적인 1차 예방이라고 할 수 있다. 다행히도 2018년 근로기준법 개정안이 국회 본회의를 통과하면서 2021년

7월 현재 5인 이상 모든 사업장의 일주일 최대 근로시간은 52시간이다. 그러나 500만명에 달하는 5인 미만 사업장의 임금근로자나 특고, 플랫폼, 영세자영업과 같은 약 600만명의 비임금근로자는 여전히 노동시간에 대한 근로기준법 상의 적용을 받지 못한 채 장시간 노동을 하고 있다. 뇌심혈관질환의 발병 위험이 높은 사회경제적 취약 노동자들이 장시간 노동까지 하고 있는 것이다.

야간노동에 대한 규제

장시간 노동에 대한 법률적 개입이 일부 이루어지면서, 노동시간의 길이뿐만이 아니라 배치의 측면에서 야간노동에 대한 개입이 필요하다는 의견도 제기되고 있다. 실제로 산재로 인정받은 뇌심혈관질환자 중에 '건물 등의 종합관리사업', '택시 및 경차량 운수업', '음식 및 숙박업'처럼 야간 노동이 많은 업종의 노동자 비율이 높다는 것은 이에 대한 개입이 필요하다는 것을 반증하는 것이기도 하다. 물론 노동자들의 평균 연령이 높은 업종이라는 점이 크게 영향을 주었을 수 있으나, 개인의 건강상태가 취약한 고령노동자들의 건강관리 차원에서도 야간노동에 대한 법률적 개입이 필요하다.

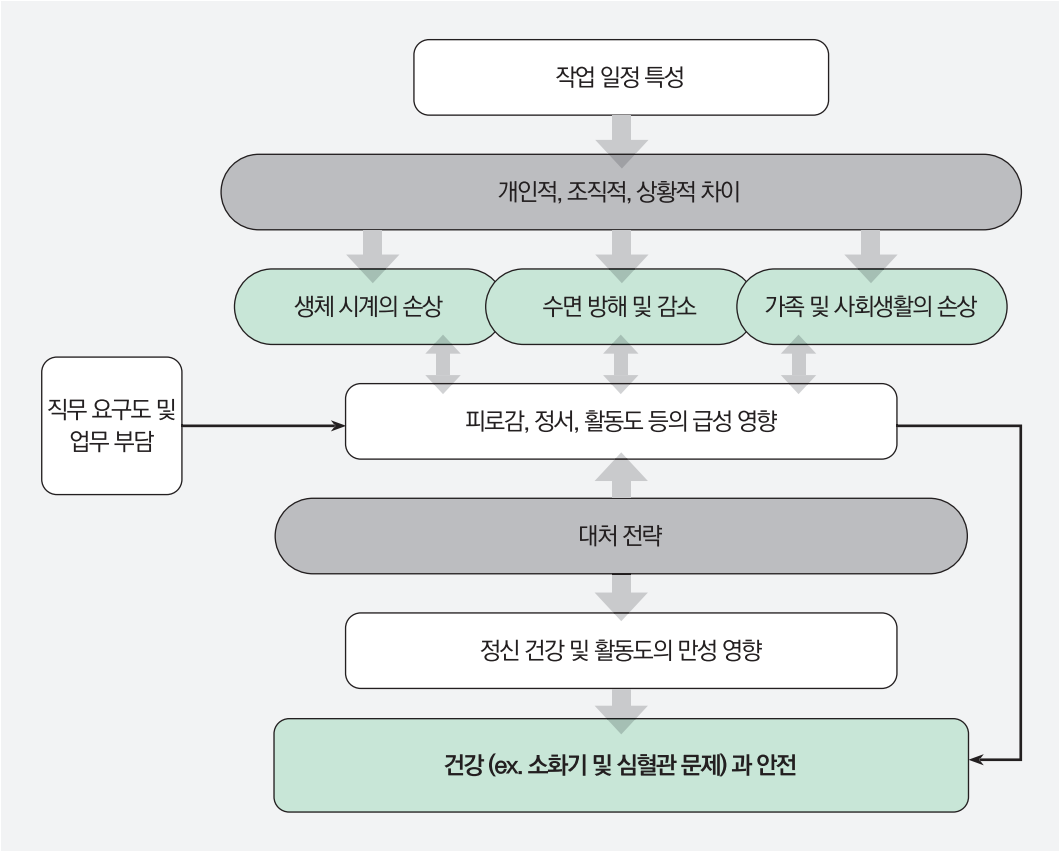
야간노동과 관련한 주요 정책은 한 달 최대 야간노동에 대한 시간 규제, 연속 야간근무시 충분한 휴식시간의 보장 등이다. 실제로 핀란드와 영국의 경우에는 각각 별도의 노동시간관련법을 통해, 유럽연합은 근로시간 지침(2003/88/EC)을 통해 노동시간의 길이 이외에도 야간노동에 대한 허가제 도입, 시간과 횟수 제한, 야간노동자에 대한 건강관리, 건강 이상이 있는 야간 노동자에 대한 주간 근무 전환 등 다양한 규정을 두고 있다.

한국의 경우 현재 야간노동과 관련해서는 특수건강진단 시행 이외에 특별한 정책적 개입이 이루어지고 있지 않다. 최근 문제가 된 택배 노동자들의 과로사도 새벽배송 등과 관련된 야간노동 등이 기여했을 것이라는 의견도 있다. 노동시간의 길이 이외에도 야간노동 자체의 최소화와 법적 규정 마련 등 제도적 개입이 필요하다.

표준적 노동시간에 대한 접근

이러한 노동시간의 길이와 야간노동으로 대표되는 노동시간의 배치 문제는 '표준적 노동시간(standard working hour)' 이라는 개념에 기반하고 있다. ILO 등 다양한 국제기구에서 채택하고 있는 이 개념은 일반적으로 오전 7시에서 오후 6시 사이의 8시간 정도에 해당하는 근로시간을 표준 근로시간으로 정의하고 이보다 노동시간이 길거나 또는 시간대가 다른 경우 노동자의 육체적, 정신적, 사회적 건강에 악영향을 준다는 개념을 기반으로 하고 있다.

한편, 고용형태와 근무형태가 다양해지고 N잡러가 등장하는 등 노동시장에서의 급격한 변화는 노동시간의 길이와 배치에 있어서 다양성의 증가로 연결되고 있다. 과거 단일 사업장의 전일제 임금노동자를 기본으로 한 정책적 개입은 그 한계가 더욱 명확해질 전망이다. 더군다나 노동시간과 임금이 직결되어 있는 상황은 노동자들의 건강을 우선적 가치로 둔 정책적 개입을 더욱 어렵게 만들고 있다. 중앙정부와 지방정부, 다양한 노사 주체들의 참여 속에 심도 깊은 논의를 바탕으로 차근차근 해결책을 마련해야 할 때이다.



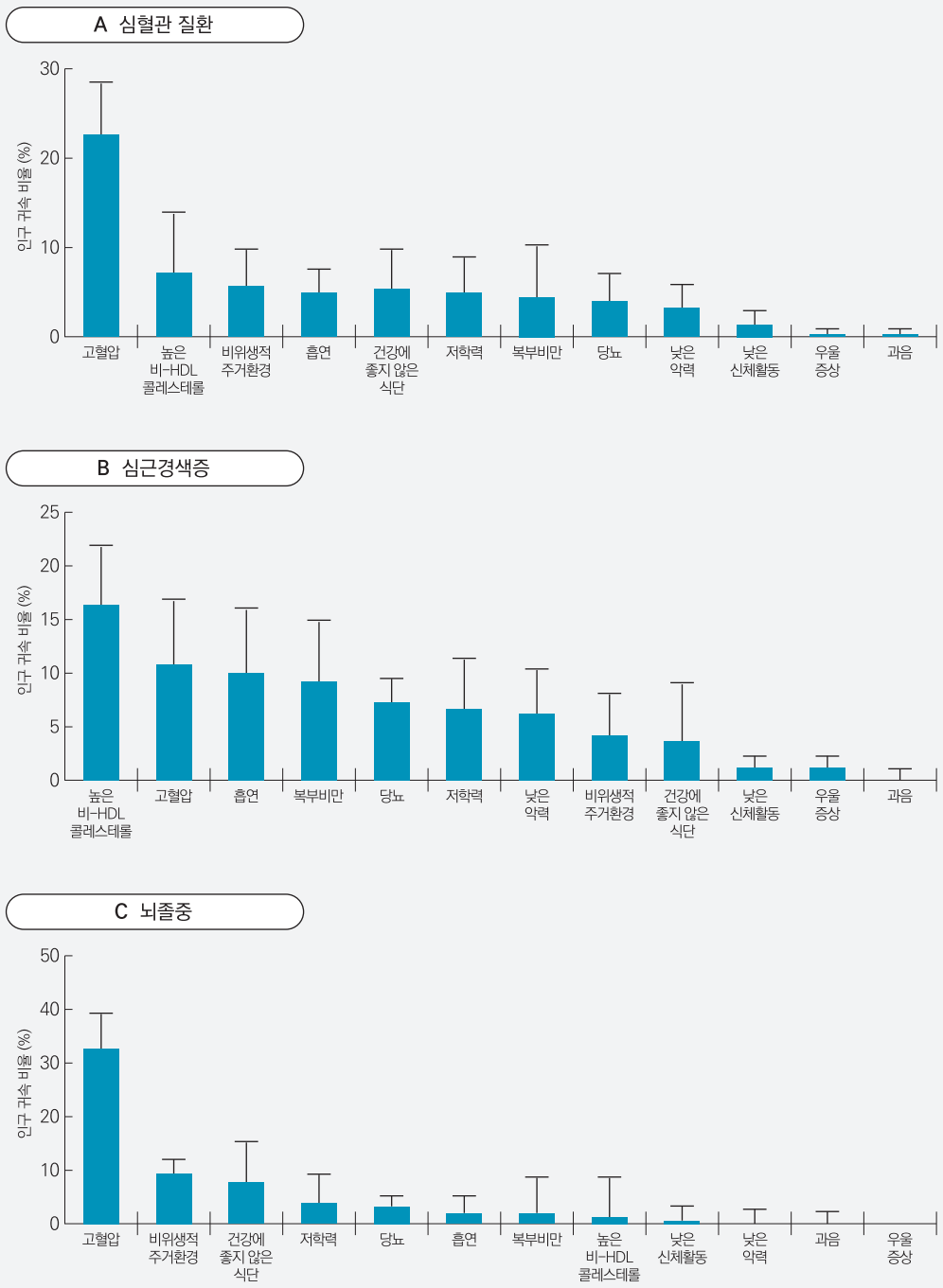
[그림1] 비정상 근무 일정과 관련된 다양한 문제에 대한 개념적 모델 (ILO, 2012)

III. 의학적 관리 정책

의학적 관리의 중요성

최근 국제적으로 저명한 학술지인 란셋(Lancet)은 21개국의 코호트 자료를 바탕으로 심혈관계질환의 조절 가능한 위험요인에 대한 논문을 출판하였다. 이 논문에 따르면 급성심근경색은 이상지질혈증의 PAF가, 뇌심혈관질환과 뇌졸중은 고혈압의 PAF가 가장 컸다. 특히 선진국에서 심혈관계 질환에 대한 PAF는 이상지질혈증 20.7%, 흡연 15.7%, 고혈압 14.6%, 당뇨 7.8%, 복부비만 6.8%, 낮은 교육수준 2.0%, 우울증상 1.1% 순이었다.

인구고령화가 급속하게 진행되어 고령노동자의 비율도 높아지고 있는 상황에서 뇌심혈관질환의 예방을 위해서 이러한 대사 이상이나 생활습관에 대한 관리는 전통적으로 가장 효과적인 접근 방법이었다. 특히, 이러한 예방정책은 기존의 산업보건 정책에서의 보건관리나 건강증진 차원에서 진행을 할 수 있는 것이기 때문에 사각지대를 줄이는 방향에서 제도의 확대 및 보완에 역점을 둔다면 높은 효율성을 기대할 수 있을 것이다.



*** 개별 위험 요인에 대한 추정치는 위험 증가와의 관계를 구분하는 가장 낮은 임계값인 0의 하한선까지 절삭**

[그림2] 심혈관계질환의 조절 가능한 위험요인

출처 | Yusuf S. 외, Modifiable risk factors, cardiovascular disease, and mortality in 155 722 individuals from 21 high-income, middle-income, and low-income countries (PURE): a prospective cohort study

국내 관련 정책 현황 및 개선

국내에서 현재 시행중인 과로사와 뇌심혈관질환의 예방 정책은 크게 특수건강진단과 이에 따른 사후관리와 보건관리가 있으며, 안전보건공단에서 발간한 지침이 몇 가지 있다.

안전보건공단에서 발간한 지침 중 과로사 예방과 관련한 지침으로는「직장에서의 뇌심혈관계 질환 예방을 위한 발병위험도 평가 및 사후관리지침(H-200-2018)」, 「뇌심혈관질환 근로자의 업무복귀시 업무적합성 평가 지침(H-50-2021)」, 「장시간 근로자 보건관리 지침(H-47-2021)」, 「교대작업자의 보건관리지침(H-22-2019)」, 「교대작업자의 만성질환 관리수준 평가지침(H-190-2021)」등을 들 수 있다.

그러나 이러한 지침은 사업장의 보건관리자가 이러한 지침에 따라 업무를 수행할 수 있는 보건분야 전문성이 있어야 하고, 필요한 전문가들과의 협업이 가능한 구조여야 효과를 발휘할 수 있다는 한계가 있다. 뇌심혈관질환의 발생과 관련이 있는 위험요인의 종류는 매우 다양하기 때문에 통합적 접근이 반드시 필요하기 때문이다. 뿐만 아니라 이러한 지침은 산업안전보건법상의 '보건관리자'가 있는 경우에나 실행이 가능하다. 그런데 산업안전보건법상 보건관리자 선임의 의무는 300인 이상 사업장에 해당이 되고, 50인 이상의 사업장은 대행을 통해서 보건관리업무를 위탁하는 반면, 50인 미만 사업장의 경우에는 보건관리자 선임 의무가 없어 보건관리에 있어서 사각지대가 발생한다. 근로자건강센터를 통해 해당 사각지대를 최소화 하려고 노력하고 있으나 그 포괄 범위가 적고, 규모가 해당되더라도 보건관리자 선임의무가 없는 업종이 상당수 있고, 임금노동자가 아닌 특고, 플랫폼, 자영업자 등은 여전히 보건관리에 대한 법적 근거가 없는 등 사각지대는 여전히 넓고, 점점 넓어지고 있다.

한편 특수건강진단의 경우는 유일하게 거의 모든 사업장의 임금노동자에게 적용할 수 있는 제도이다. 야간노동 작업자에 대한 특수건강진단으로 실제 문진표와 검사항목상 목표 질환은 수면장애, 뇌심혈관질환, 유방암, 위장관 장애 이라고 할 수 있다. 야간노동 종사자에 대한 특수건강진단과 이에 대한 사후관리만 이루어진다고 하더라도 소기의 성과를 이룰 수는 있으나 이 역시 사후관리를 시행할 주체의 부재로 어려움이 있는 것이 사실이다. 이러한 상황을 종합적으로 고려할 때 사업주가 불확실하고 다양한 업종의 노동자들을 포함하여 건강관리를 제공할 수 있는 제도적 접근성의 확대도 중요한 과제이다.

과로사 방지법 제정제안 및 기대효과

이러한 상황에서 사업주의 역할 이외에도 국가의 역할이 주목을 받고 있다. 일본의 과로사 방지법은 과로사 문제의 심각성에 대한 인식을 확산하고 근로자성에 논란이 있는 노동자들을 대상으로 한 보편적이고 포괄적인 보건관리 서비스가 제공될 계기를 만들며, 여전히 존재하는 사각지대에서 장시간 노동을 수행하고 있는 노동자를 보호하기 위한 국가 차원의 노력이라는 점에서 의미가 있다.

고용노동부뿐만이 아니라 보건복지부와 교육부 등 중앙정부의 다양한 부처들이 협업을 하고 지방정부 차원에서의 접근성을 높여가기 위한 방법으로서 과로사 방지법이 제정 및 시행된다면

의미가 있을 것이라 사료된다. 물론 일본의 과로사 방지법이 교육, 홍보, 연구 이외에 실질적인 의미가 크지 않다는 지적이 있는 것은 사실이나, 후생노동성내에 이 문제를 전담하는 부처를 만들고, 현황과 실태를 모니터링 하면서 장시간 노동 이외에도 직장내 괴롭힘 등 심리적 부담을 높일 수 있는 사안에 대해 국가가 모니터링을 하고 필요한 대책들을 다양하게 만들어 낸다는 것 자체가 이 사회에 시사하는 바가 있다. 국가 차원에서 장시간 노동에 종사하는 노동자의 비율을 줄이고, 연차 휴가와 휴게시간 보장 등의 실태를 파악하는 한편, 과로사 문제가 호발하는 업종을 파악하여 정책적 개입을 하고, 효과가 있는 근거 기반의 의학적 중재 방법을 찾는 연구를 하는 것은 중장기적으로 의미가 있는 일이다. 과로사를 줄이기 위해 국가가 노동자들의 노동조건을 모니터링 하고 관리하려는 의지를 가지고 있다는 것은 그 자체로 우리 사회에 시사하는 바가 클 것이다.

Ⅳ. 결론

과로사 예방을 위한 길은 멀고도 복잡하다. 빠르게 변화하는 노동시장에 비해서 정책적 대응은 항상 한 발 늦을 수밖에 없다. 그런데, 2021년 정부가 발표한 제5차 국민건강증진종합계획(Health Plan 2030, '21~'30)은 '모든 사람이 평생 건강을 누리는 사회'를 비전으로 하여 건강수명 연장('18년 70.4세 → '30년 73.3세)과 건강형평성 제고를 목표로 천명하였다. 이 계획에서는 주요한 지표로서 성인의 흡연률, 음주율, 유산소 신체활동실천율 이외에도 근로자의 연평균 노동시간 감소를 지표로 하고 있다. 과거에 이런 계획에서 번번히 제외되어 있거나 등한시 되었던 노동자의 문제를 주요한 지표로 언급하는 것은 그 자체로 중요한 변화이다.

또한, 2019년 ILO가 100주년을 맞이하며 밝히 노동의 미래는 이미 우리에게는 현실이 되고 있다. ILO가 100주년을 맞이하여 발표한 안전보건 전략에는 다학제적 접근과 공중보건의 연계를 강조하고 있으며 노동시간과 같은 노동조건의 기준, 다양한 이해당사자의 참여를 강조하고 있다. 이에 앞서 같은 맥락에서 미국의 NIOSH는 Total Worker Health라는 프로그램을 런칭하고 정책, 프로그램과 실행이 통합적으로 이루어질 수 있는 기반을 마련하였다. 노동자의 건강이 그들의 가족과 지역사회에 주는 영향을 종합적으로 고려하고 비만, 수면장애, 심혈관질환 예방의 필요성을 강조하고 근거에 기반한 생애주기적 접근을 강조하고 있다.

앞서 이야기한 바와 같이 과로사 예방은 어느 한 분야의 전문성만으로 또는 어느 한 부처의 노력만으로 달성하기 어려운 목표이다. 중앙 정부의 각 부처, 지역사회의 다양한 자원, 예방 서비스와 보건의료서비스에 대한 접근성에서의 불평등이 완화될 때 불안정 노동자의 과로사 예방은 비로소 가능해질 것이다. 이제 우리도 과로사 예방문제를 단순히 산재예방이라는 틀에서 뛰어넘어야 한다. 괜찮은 일자리와 노동의 미래를 염두에 두고 조금 더 중장기적이고 포괄적인 안전보건 이슈로 자리매김하기 위한 노력이 필요하다.

참고문헌

- 국회 토론회 자료집. 일과 건강. '과로사 주범 야간노동, 이제는 적극적 규제가 필요하다.'. 송옥주 의원실 & 강은미 의원실 & 택배과로사대책위원회. 2021년 6월 17일.
- 김기선, 강성태, 심재진, 최석환 역. EU 노동법전. 한국노동연구원. 2013
- 통계청. 2019년 사업장규모별 적용인구 현황.
- 통계청. 2020년 사망원인통계 결과 (2021. 9. 27).
- ILO. Working Time, Health and Safety: a Research Synthesis Paper. 2012
- ILO. Safety and Health at the Heart of the Future of Work - Building on 100 years of expereience. 2019
- NIOSH. NIOSH Total Worker Health® Program. https://www.cdc.gov/NIOSH/twh/
- Pega F, Náfrádi B, Momen NC, et. al.. Global, regional, and national burdens of ischemic heart disease and stroke attributable to exposure to long working hours for 194 countries, 2000-2016: A systematic analysis from the WHO/ILO Joint Estimates of the Work-related Burden of Disease and Injury. Environ Int. 2021 Sep;154:106595.
- WHO. https://www.who.int/publications/m
- Yusuf S, Joseph P, Rangarajan S, et. al., Modifiable risk factors, cardiovascular disease, and mortality in 155 722 individuals from 21 high-income, middle-income, and low-income countries (PURE): a prospective cohort study. Lancet. 2020 Mar 7;395(10226):795-808.

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

03

중앙대학교 적십자간호대학
백희정 교수

장시간 노동 조사 및 과로사 예방방안

-택배, 마트배송 노동자를 중심으로-

주요 내용 요약

- 비대면 온라인 소비의 급증과 함께 말단배송에 종사하는 노동자의 과로가 사회문제로 대두되었으며 과로사로 추정되는 사망의 경우 2020년 기간 동안 16건 발생함
  - 배송 노동자의 근로조건, 임금과 직무의 자율성이 낮고, 직업안전과 건강, 사회보장 등의 권리보호가 적정치 않아 직업의 불안정성이 크기 때문에 산업안전보건 측면에서 보호 제도와 정책 마련 필요

- 택배기사는 일요일을 제외한 주 6일, 1일 평균 12시간 이상의 노동을 한다. 1주 평균 노동시간은 72시간 이상임 (국내 4대 택배사 소속 택배기사 대상 조사)
  - 택배기사는 시간적 압박에 대한 높은 직무스트레스를 받고 있고, 휴식의 불충분, 직무자율성의 결여, 업무수행에 필요한 교육과 훈련에 대한 조직 지원의 미흡, 노력과 노동시간에 비해 낮은 수입 등에 대한 스트레스 수준이 높음
  - 최근 택배업 종사자 중 피재자 연령은 40대와 50대의 비중이 크고, 2019년 기준 재해 발생형태는 넘어짐이 가장 많았으며 교통사고가 그 뒤를 이었음. 질환으로는 근골격계질환 10%, 뇌심혈관질환 5% 차지함

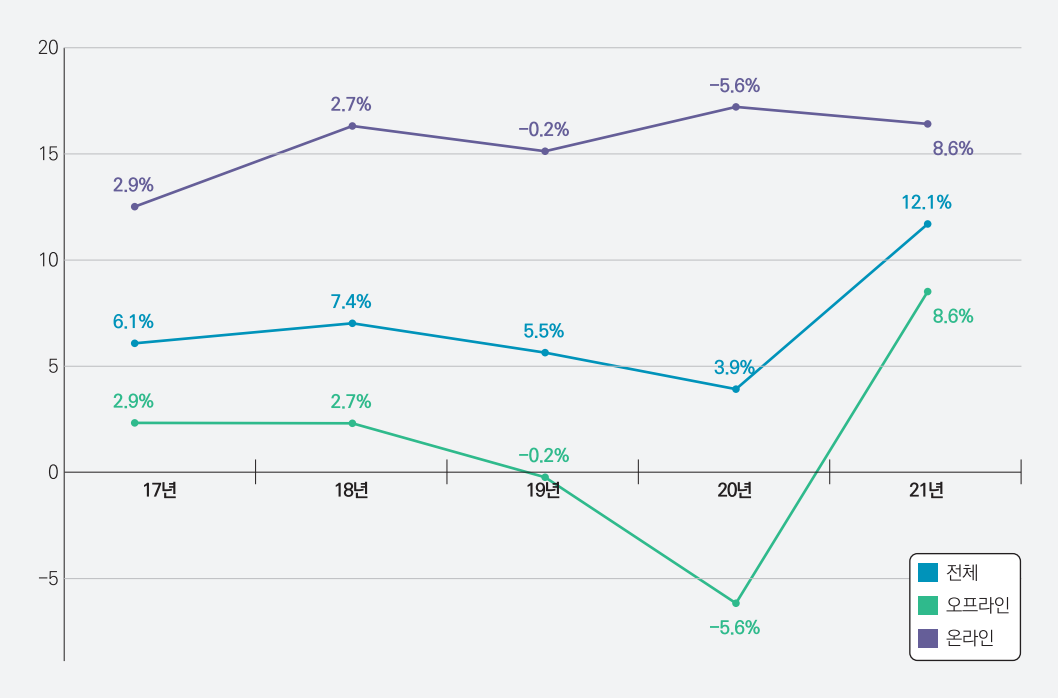
- 마트배송 노동자(온라인 배송기사)의 월 근로일수는 평균 26일로, 주 6일 이상 일하고 있었으며, 휴일은 비고정적이다. 일일 노동시간은 평균 10시간 24분으로, 주간 노동시간은 62시간 이상이었음(대형마트 3개사 온라인 배송기사 대상 조사)
  - 마트배송 노동자 89%가 근골격계 증상을 가지고 있고 50%는 눈의 피로를 호소하고 있음
  - 온라인배송기사의 76%가 교통사고와 업무상 사고(부딪힘, 넘어짐, 찔림 등)를 경험하고 그 비율은 각각 50%임

- 택배기사 및 온라인배송기사는 주 60시간 이상의 장시간 노동을 하며 충분한 휴식을 취하기 못해, 근골격계 증상과 눈의 피로 호소율이 높게 나타나고 감정노동, 폭력에 따른 스트레스, 직무자율성 부족, 보상의 부적절성으로 인한 스트레스에 노출됨
  - 택배기사와 온라인배송기사는 과로사 등 건강장해를 예방하기 위해서는 산재보험 가입과 건강검진, 휴식시간의 보장, 건강상담 및 안전관리교육이 필요하여 과로사 예방을 위한 방안 5가지를 제시함

I. 서론

이커머스(E-commerce)의 발달로 증가하던 온라인 소비는 2020년 코로나바이러스감염증-19의 확산으로 비대면 소비행태 또한 확산되며 가속화되었다. 젊은 층의 전유물로 여겨졌던 비대면 서비스가 전 연령층으로 확장되었고, 온라인 쇼핑이 증가하였다. 이에 따라 전문화된 물류서비스인 배송이 우리의 생활에 밀접하게 스며들어 일상생활로 확대되고 있어, 국민 1인당 택배 횟수는 2019년 53.8개에서 2020년에는 65.1개로 증가하였다.[1)]

코로나19 방역관리의 강화로 사회적 거리두기 단계가 격상되고 장기화되면서 재택생활이 증가하여 생활물류서비스에 대한 수요가 폭발적으로 증가하였다. [그림1]의 온라인 장보기는 온라인 소비문화의 한 패턴으로 자리잡으며 대형마트의 온라인 거래도 증가하였다. 신선배송과 희망시간 물품 수령이 강조되며 배송유형은 새벽배송[2)] , 당일배송[3)] , 바로배송[4)] , 즉시배송[5)] 등 다양화되고 있고, 물류활동의 주기가 점차 빠르게 변화되고 있다.



[그림1] 2017~2021년 상반기 전년 대비 주요유통업체 매출 증감률 추이

출처 | 산업통상자원부 보도자료(2021. 7. 28.). '21년 상반기 및 6월 주요유통업체 매출동향

1) 국토교통부(2021.7.27.). 2020~220년 국민 1인당 연간 택배이용 횟수

2) 자정 이전에 주문을 하면 다음날 이른 오전 내에 배송하는 서비스로 주로 신선식품 배송

3) 아침에 주문을 하면 오후에 배송받는 서비스

4) L마트몰에서 일정한 시간 안에 식재료를 주문하면 주문 후 2시간내 배송하는 유형이며, 이로 인해 배송기사는 8회전 배송

5) H백화점에서 식품관의 신선식품을 주문하면 30분내에 배송해주는 서비스

비대면 온라인 소비의 급증과 함께 말단배송(last mile delivery)에 종사하는 노동자의 과로가 사회문제로 대두되었다. 특히 과로사로 추정되는 사망이 있었는데, 택배기사의 경우 노동의 양과 강도가 증가한 2020년 한해에만 16건 발생하였다. 2020년 하반기에 과로사로 추정하는 마트 배송기사의 사망이 처음으로 보도되며 마트배송이 택배가 아니라는 것을 일반 대중이 알게 되는 계기가 되었고, 2021년 상반기에도 3명의 사망이 보도되었다.

배송은 온라인 쇼핑에 필수요소이므로 택배기사와 마트배송기사는 말단배송종사자로 배송에 종사하는 인력으로 필수노동자로 볼 수 있다. 택배와 온라인배송기사와 같은 종속적 자영업자는 종속적 자영업자은 특수형태근로종사자로 유급노동이 길고 자유시간이 부족한 시간빈곤자이다. 이들은 근로조건, 임금과 직무의 자율성이 낮고, 직업안전과 건강, 사회보장 등의 권리보호가 적정치 않아 직업의 불안정성이 크기 때문에 산업안전보건 측면에서 보호 제도와 정책이 마련되어야 할 것이다.

2020년과 2021년 장시간 노동으로 인한 건강장해 및 과로사 예방 방안에 관한 연구'가 수행되었다. 이 글에서는 두 개의 연구결과 중 택배기사와 온라인배송기사의 노동시간 등 과로사를 일으키는 요인을 검토하고 과로사 예방 방안을 제시하고자 한다.

II. 택배기사의 장시간 노동과 건강장해

택배기사와 대형마트 온라인배송기사의 과로를 이해하기 위해서는 이들의 고용관계와 업무과정을 먼저 살펴보고, 노동시간과 함께 과로의 원인이 되는 요인을 파악해야 한다. 따라서 두 직종의 노동 특성과 그로 인한 건강문제를 확인하고 과로사 예방 방안을 제시하고자 한다.

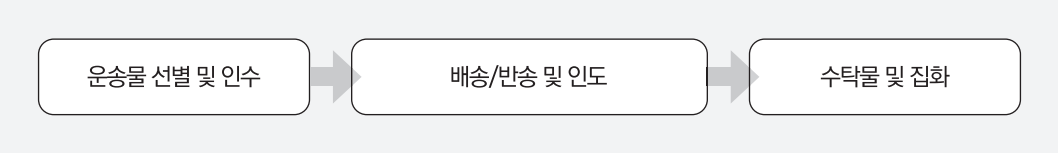
택배기사의 고용

택배기사는 한국표준직업분류에서 운송관련 단순노무직인 택배원으로 분류되며 차량을 이용하여 고객들이 주문·구매한 상품을 고객이 원하는 장소로 운반하는 자로 정의한다(통계분류포털. 2020). 「생활물류서비스산업발전법」에서는 택배서비스사업자 또는 영업점 등과 택배서비스 운송 위탁계약이나 근로계약 등을 통하여 화물의 집화, 배송 등의 업무에 종사하는 사람으로 정의하고 있으며, 수수료를 지급받는 특수형태근로종사자의 종사상 지위를 갖고 있다. 전국적으로 약 5만 이상인 택배기사는 택배회사의 근로자가 아닌 자영업자이다. 업무량인 배송물량은 영업점과 계약시 배송지를 할당받고 할당구역에 대한 배송물량은 모두 배달해야 하므로 개인이 조절하기 어렵다.

택배기사의 업무

택배처리 시스템은 집화 → 운송 → 대분류 → 운송 → 소분류 → 배송의 6단계로 나뉘며, 택배기사는 이러한 단계 중 배송과 집화업무에 관여하고 있다. 2020년 추석 연휴를 앞두고 문제로 불거졌던 택배분류작업은 택배기사 고유의 업무에 포함되지 않는다.

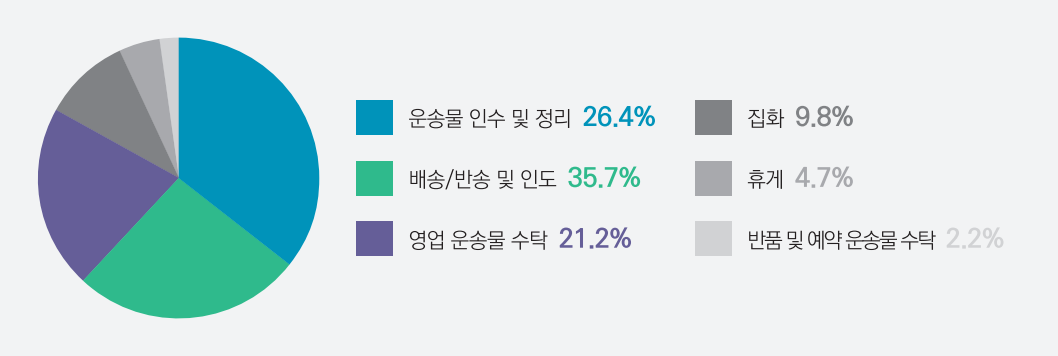
택배기사의 업무는 운송물 인수 및 정리[1], 배송/반송 및 인도[2], 반품 및 예약 운송물 수탁[3], 영업 운송물 수탁[4]과 집화[5]로 구성되며, 배송 및 인도 책무를 수행하며 운전과 주차를 반복한다. 영업 운송물 수탁과 집화 업무는 택배기사가 화주로부터 물량을 받아(수탁) 서브터미널에 집화하는 것으로 일종의 개인영업행위이다. 따라서 택배기사에 따라 배송과 집화의 비중이 다르며 이로 인해 수입의 차이가 발생한다.



[그림2] 택배기사의 업무과정

택배기사의 노동시간

국내 4개 주요 택배사의 택배기사를 대상으로 조사한 결과에 의하면, 택배기사는 일요일을 제외한 주 6일, 1일 평균 12시간 이상의 노동을 한다. 1주 평균 노동시간은 72시간 이상이다. 임무별로는 '배송/반송 및 인도'에 소요되는 시간이 가장 35.7%로 가장 길다. 휴게시간은 전체 노동시간의 4.7%인 35분이며, 점심식사시간은 평균 18분에 불과하다.



[그림3] 택배기사의 노동시간

1) 운송물 인수 및 정리 임무의 과업: 운송장 출력/수령하기, 담당구역 운송물 선별하기, 운송장 스캔하기, 차량 내 운송물 정리하기

2) 배송/반송 및 인도 임무의 과업: 수화인에게 통지하기(전화/문자), 배송지로 이동하기(운전 · 주차), 인도/반송 및 확인하기, 골차에 운송물 이동, 정리하기

3) 반품 및 예약 운송물 수탁 임무의 과업: 반품/예약 운송장 수령 및 확인하기, 수탁장소 및 운송물 확인하기, 수탁장소로 이동하기, 운송물 수탁하기

4) 영업 운송물 수탁 임무의 과업: 수탁지로 이동하기(운전 • 주차), 수탁 운송물 확인/접수하기, (운송물) 차량에 적재하기

5) 집화 임무의 과업: 영업점으로 이동하기(운전 • 주차), 영업점에 운송물 집화하기

택배기사의 일 평균 배송물량은 200~350개가 대부분(집화량은 제외)인데, 노동시간은 배송물량과 수탁·집화량에 따라 변동이 된다. 수탁·집화량은 개인이 조정 가능하지만 배송물량은 개인이 자율적으로 조정하기 어렵다. 택배기사는 계약 상 본인의 배송지로 분류된 물량은 당일 배송해야 하므로 노동시간의 자율적 조절이 거의 불가하다. 택배기사의 업무 시작시간은 대부분 오전 7시 전후이며 종료시간은 배송과 집화가 완료되는 시간이므로 기사별 개인차가 크며, 배송량에 영향을 받으므로 요일별 차이가 있다.

택배기사의 건강

택배기사의 대부분 남자이며 여자는 5% 정도이다. 연령은 주로 30대~50대이며 40대가 가장 많고, 택배 경력은 10년 이상의 경력자가 40% 이상으로 많다. 산재보험 가입률은 39% 정도이고 고용보험률은 7%, 국민연금 가입률은 55%이다. 이러한 특성을 가진 택배기사의 건강상태와 건강행태 및 질병을 포함한 건강문제를 동 연령대(30~50대) 남자 지표와 비교하여 살펴보고자 한다.

택배기사의 주관적 건강상태 인지율은 22%로 성인 남자의 주관적 건강상태 인지율[1]에 비해 매우 낮다. 체질량 지수가 25 kg/㎡ 이상인 비만이 32%로 성인 남자의 비만 유병률[2]에 비해 다소 낮으나 비만임에도 체형을 비만으로 인식하는 비율은 낮고, 마른 편이라고 인식하는 비율은 높다.[3]

현재 흡연율은 67%로 성인 남자의 흡연율[4]에 비해 2배 정도 높으며, 음주율(75%)은 유사[5]하다. 운동을 전혀 안하는 비율이 과반수(53%)이며, 운동실천율[6]은 8%로 성인 남자의 신체활동실천율인 44%에 비해 매우 낮다. 아침식사 결식률이 54%로 성인 남자의 결식률[7]에 비해 높으며, 식사시간의 불규칙성이 59%로 높다. 수면시간은 평균 6시간이지만 수면시간이 부족하다고 인식하는 비율이 70%로 높다. 최근 2년간 건강검진 수검률이 40%로 2019년 성인 남자의 일반건강검진 수검률인 75%에 비해 상당히 낮다.

만성질환 중 뇌심혈관질환의 동반질환인 고혈압, 고지혈증, 당뇨병 유병률은 성인 남자의 유병률[8]에 비해 낮다. 업무 후 피로 호소율이 82%로 높으며, 업무관련 건강문제로는 근골격계 증상 호소율이 높으며(상지 근육통: 85%, 하지 근육통: 82%, 요통: 50%), 두통과 눈의 피로 호소율이 74%로 높다. 미충족 의료욕구[9] 비율이 43% 이며, 대부분은 시간이 없어서 치료를 받지 못하고 있다. 프리젠티즘 비율도 72%로 높으며 이는 대체인력의 부재와 개인의 용차 사용으로 인한 비용부담이 크기 때문에 발생하고 있다.

---

1) 2019 국민건강통계 주관적 건강인지율(남자): 30대 39.3%, 40대 31.5%, 50대 36.4%

2) 2019 국민건강통계 비만 유병률(남자): 30대 46.4%, 40대 45.0%, 50대 43.4%

3) 체형이 마른편이라고 인식하는 비율은 29%, 정상은 42.5%, 비만이라고 인식하는 비율은 28.5%

4) 2019 국민건강통계 현재흡연율(남자): 30대 39.2%, 40대 37.9%, 50대 36.7%

5) 월간음주율(남자): 30대 80.8% 40대 74.9%, 50대 71.9%

6) 운동 빈도가 '자주'와 '매일'을 규칙적 운동 실천으로 봄

7) 2019 국민건강통계 결식률(남자): 30대 48.1%, 40대 37.9%, 50대 21.8%

8) 2019 국민건강통계 고혈압 유병률(남자): 30대 9.5%, 40대 19.0%, 50대 32.3%
당뇨병 유병률(남자): 30대 3.1%.40대 11.5%, 50대 18.9%
고중성지방혈증 유병률(남자): 30대 21.1%, 40대 27.1%, 50대 20.6%

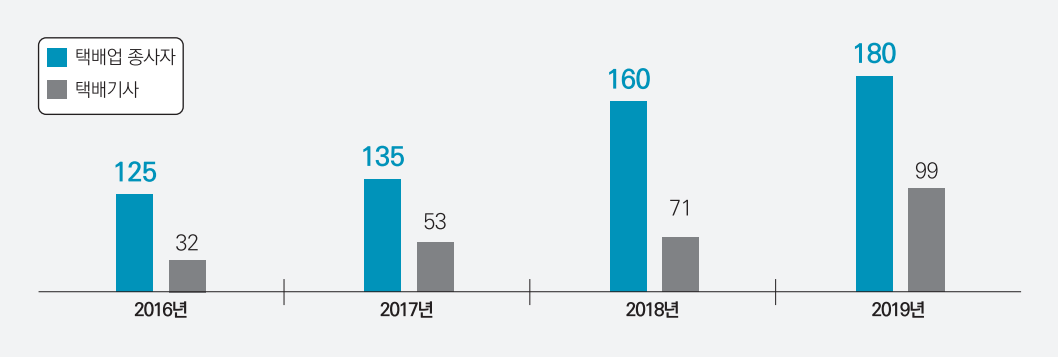
9) 병의원 진료가 필요했으나 받지 못한 비율

택배기사는 시간적 압박에 대한 높은 직무스트레스를 받고 있고, 휴식의 불충분, 직무자율성의 결여, 업무수행에 필요한 교육과 훈련에 대한 조직 지원의 미흡, 노력과 노동시간에 비해 낮은 수입 등에 대한 스트레스 수준이 높다. 또한 고객을 대하는 과정에서 감정의 부조화를 경험하고 있고 고객으로부터 정신적 폭력을 당한 비율이 높으며, 고객에게 신체적 폭행을 당한 경험도 10%나 된다.

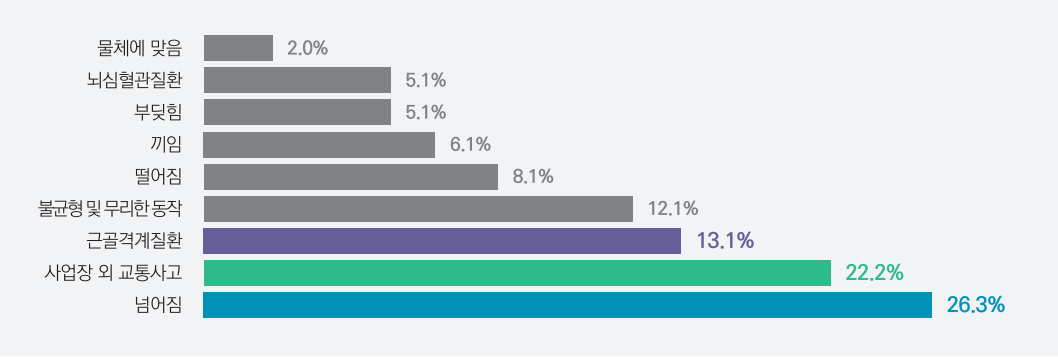
택배기사의 산업재해

최근 택배업 종사자의 산업재해 발생이 지속적으로 증가하고 있고 이 중 택배기사의 재해 비율은 50%이다. 재해 특성으로 재해자의 연령은 40대와 50대가 높고 발생시간은 오전에 비해 오후가 높다. 2019년 재해 발생형태는 넘어짐이 가장 많고 다음은 교통사고이며, 질환으로는 근골격계질환 10%, 뇌심혈관질환 5% 정도이다. 택배기사의 산업재해 신청은 해마다 증가하고 있는 추세이며, 사고재해의 신청이 질병재해보다 많고 신청건수 대비 승인건수도 증가하고 있다. 이중 과로사로 인한 산재는 2016년부터 2018년까지 매해 1건, 2019년에는 2건이었고 모두 승인되었다. 2020년에는 신청이 더욱 증가하여 8월까지 4건이 신청되었고 모두 승인되었다.

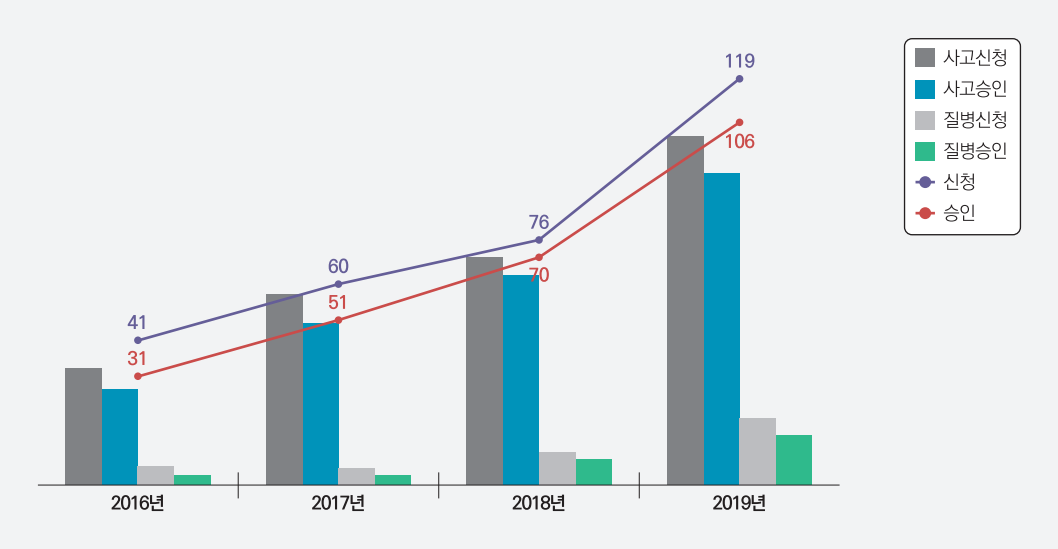
택배기사의 산재보험가입이 2012년부터 시작되었으나 임의가입 방식으로 특례가 허용되어 가입률이 40%가 채 되지 않으므로 공식적인 통계자료는 택배기사의 산재현황으로 보기는 어렵다.



[그림4] 택배업종사자 중 택배기사의 산재 건수(2016~2019년)



[그림5] 택배기사 재해 발생 형태(2019년)



[그림6] 택배기사의 산재신청 및 승인현황(2016년~2019년)

III. 대형마트 온라인배송기사의 장시간 노동과 건강장해

온라인배송기사의 고용

대형마트[1)]에서 온라인 장보기의 배송을 담당하는 온라인배송기사[2)]는 한국표준직업분류에서 운송관련 단순노무직 중 기타 배달원-그 외 배달원으로 음식 또는 신문 배달원에 포함되지 않는 유사한 직무를 수행하는 자이다(통계분류포털, 2020). 대형마트의 온라인 유통은 코로나19의 확산으로 인해 확대되었으며 오프라인 점포를 온·오프라인을 연계한 점포로 변형하며 온라인 배송도 병행하고 있다. 일부 대형마트는 마이크로풀필먼트센터로 고객이 주문을 접수하면 물류창고에서 상품을 준비하여 배달하는 형태로 배송시스템을 구축하고 있다. 온라인 주문을 받은 물품은 매장 내 직원들(picker & packer)이 포장하며, 포장물품을 온라인배송기사에게 전달하면 배송기사는 점포 외부에서 배송물품을 인수받고 고객에게 배송을 한다.

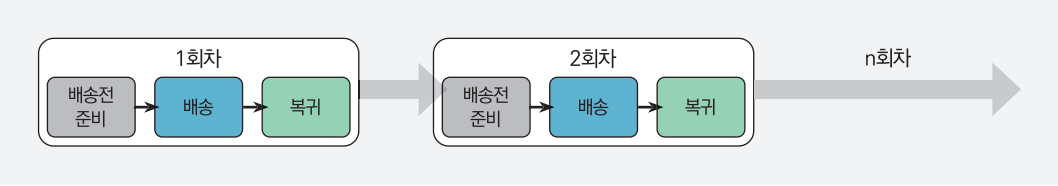
이와 같이 온라인배송기사는 대형마트의 물류를 담당하지만 대형마트 소속이 아니다. 대형마트 또는 대형마트와 연계된 이커머스사는 화물자동차운송사업자와 배송에 대해 위수탁계약을 하고, 운송사업자는 지입제도를 이용하여 온라인배송기사와 배송에 대한 위수탁계약을 체결한다. 온라인배송기사는 기본 배송건수를 기준으로 계약을 하며, 운송사가 아닌 마트사의 지휘·감독을 받아 당일 배송물량을 모두 배달해야 하는 책무를 이행해야 한다.

1) 대형마트란 단일 경영 주체가 일정한 장소에서 총괄적으로 관리하는 대형 매장을 갖추고 식품, 가전, 농·수산물, 공산품 및 각종 생활용품에 이르기까지 다양한 상품을 구비하여 셀프 서비스 방식으로 소매하는 산업활동(한국표준산업분류)

2) 민주노총 서비스연맹 마트산업노동조합 온라인배송지회가 있으며 대형마트의 온라인배송기사라고 불림

온라인배송기사의 업무

온라인배송기사의 업무과정은 그림 7과 같이 크게 배송 전 준비와 배송의 2단계로 나뉘며, 복귀를 통해 배송회차가 추가된다. 배송회차는 마트사별로 차이가 있어 2회차부터 8회차까지 다양하게 운영되고 있다. 온라인 배송기사의 업무는 업무과정에 따라 배송전 준비[1], 배송 및 물품 인도[2], 복귀[3]로 구분하며, 배송 및 물품 인도 과업을 수행하기 위해 매 건별로 운전과 주차를 반복한다.[4]

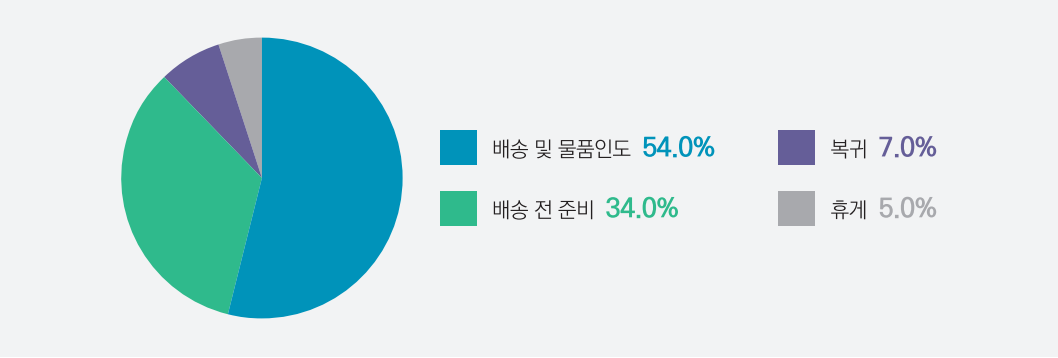


[그림7] 온라인배송기사의 업무과정

온라인배송기사의 노동시간

대형마트 3개사 온라인배송기사를 대상으로 조사한 결과, 월 근로일수는 평균 26일로, 주 6일 이상 일하고 있었으며, 휴일은 비고정적이다. 일일 노동시간은 평균 10시간 24분으로, 주간 노동시간은 62시간 이상이다. 일 노동시간의 비중을 책무로 구분하면, 배송 및 물품 인도에 소요되는 시간이 54%(이동, 31%; 배송 23%)로 가장 많고 휴게는 30분이다.

온라인배송기사의 1일 평균 배송건수는 약 43건으로 운송사와 계약시 지정한 평균건수인 33건보다 약 10건 정도 더 배송하고 있다. 개인사 등으로 배송을 못 할 경우, 대체인력이 없어 대부분 개인이 자비로 용차를 사용하고 있다.



[그림8] 온라인배송기사의 노동시간

1) 배송전 준비 임부의 과업: 배송차량 준비하기, 배송물품 확인하기, 배송물품 검수하기, 배송물품 포장하기(상온, 냉장, 냉동물품별 구분하여 박스에 넣기), 배송물품 상차하기, 배송출발 문자 발송하기

2) 배송 및 물품 인도 임무의 과업: 배송지로 이동하기, 고객에게 물품 인도하기, 배송완료 문자 발송하기, 차량내 물품 정리하기

3) 복귀 임무의 과업: 마트지점(점포)/물류센터로 이동하기

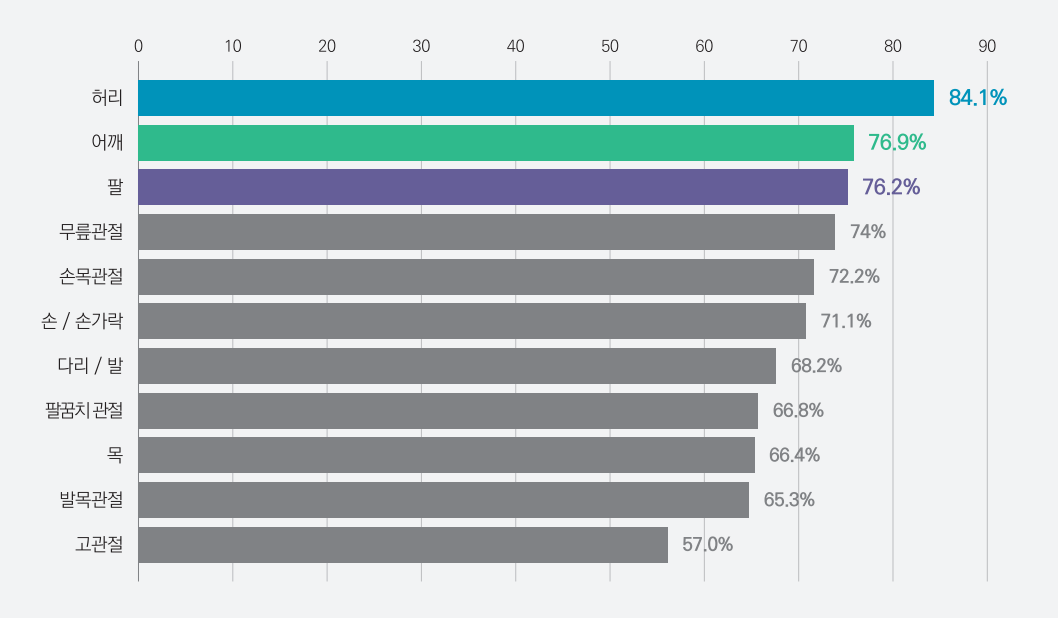
4) 43건의 배송에 40건의 운전과 주차

온라인배송기사의 건강

온라인 배송기사는 모두 남자[1]이고 연령은 40대와 50대가 73%로 많다. 배송 경력은 평균 3년 정도이며 5년 이상 경력자는 23% 였고, 10년 이상 경력자는 5%에 불과하다. 산재보험과 고용보험 가입률은 3%에 불과하며 사고관련 보험과 상해보험 가입률[2]이 60% 정도이다. 이러한 특성을 지닌 온라인배송기사의 건강상태와 건강행태 및 질병을 포함한 건강문제를 동 연령대인 40~50대의 남자 지표와 비교하고자 한다.

온라인배송기사의 주관적 건강상태 인지율은 16%로 매우 낮으며, 80% 이상이 배송업무가 건강에 부정적인 영향을 미친다고 생각하고 있다. 비만 유병율은 37%로 성인 남자의 비만 유병률에 비해 낮다. 흡연율은 54%로 성인 남자의 흡연율에 비해 높고, 음주율은 성인 남성의 음주율과 유사하다. 운동을 전혀 안하는 비율이 59%이며, 운동실천율은 6%로 매우 낮다. 건강검진 수검률이 53%로 성인 남자의 일반건강검진 수검률에 비해 낮다. 수면시간은 평균 6시간이며 충분한 수면을 취한다는 비율은 16%로 수면의 질이 낮다.

만성질환 중 뇌심혈관질환의 동반질환 중 고혈압, 당뇨병, 고지혈증 유병률이 성인 남자에 비해 낮다. 업무와 관련된 건강문제는 89%가 근골격계 증상을 가지고 있고 50%는 눈의 피로를 호소하고 있다. 근골격계 부위별로는 허리, 어깨, 팔, 손목과 무릎 관절의 순으로 통증 호소율이 높으며, 통증 사유는 과도한 중량물과 중량물의 반복 이동이다.



[그림9] 온라인배송기사의 근골격계 부위별 통증 호소율

1) 설문조사 응답자가 모두 남자였음

2) 온라인배송기사는 특수형태근로종사자의 산재적용 범위에 포함되지 않는다

온라인배송기사의 사고와 산재

온라인배송기사의 76%가 교통사고와 업무상 사고(부딪힘, 넘어짐, 찔림 등)를 경험하고 그 비율은 각각 50%이다. 70%는 안전교육 경험이 없으며, 온라인배송기사의 산업재해 자료는 없다.

온라인배송기사의 장시간 노동 유발 요인 및 노동강도 심화 요인

온라인배송기사의 과로 발생 요인을 장시간 노동 측면에서 보면, 불필요한 대기시간과 포장업무가 있는제, 이는 건당 배송시간의 단축으로 이어져 노동의 강도를 가중시키는 요인이 되고 있다. 또한 배송건수의 과다, 배송물의 과중량, 그리고 부업활동도 노동강도를 심화시키는 요인으로 볼 수 있다.

온라인배송기사의 업무는 배송물 인수작업에서 시작되는데, 배송물이 준비되지 않으면 배송기사는 업무를 시작하지 못하고 대기를 해야 된다. 배송전 준비단계는 배송회차마다 있으며 거의 모든 회차에서 대기가 발생하며 관찰조사에서는 평균 43분으로 측정되었다. 배송물이 정해진 시간에 준비되지 않는 이유는 피커 앤 패커(picker & packer)라고 부르는 마트직원의 부족이다. 배송전 준비 작업 중 하나는 포장이며 이때 포장은 상차 전 냉동과 냉장 상품을 냉매와 함께 포장하는 것이지만 배송지(배송 1건)별로 포장이 안된 채 전달되기도 하여 배송기사가 포장에 조력하게 된다. 또한 마트사별로 차이가 있으나 비대면 배송으로 인해 상차 전 재포장과 배송시 재포장 업무가 추가되고 있다. 회차별 배송시작 시간이 정해져 있으므로 대기시간 발생으로 인한 출발지연은 배송물 인도 시간의 단축으로 이어지므로 노동강도가 심해진다.

온라인배송기사는 운송사와 배송건수에 대해 계약을 하지만 실제는 계약에 비해 10건 정도 초과되고 있어 이로 인해 노동시간이 2시간 정도 추가됨을 알 수 있다. 온라인 장보기는 생수 외에는 양과 무게의 제한이 없다. 생수는 1 묶음이 12 kg으로 중량물로 인식되어 마트사별로 1회 주문량을 2묶음(24 kg)으로 제한하고 있다. 그러나 쌀, 절인배추, 음료수 등 과중량의 타 상품이 추가되어도 양이나 무게의 제한은 없다. 물, 쌀 등의 과중량물을 제외하면 박스[1)]당 무게가 7.5 kg 정도이므로 1건 배송에 1개의 박스를 배달한다고 가정하면(1일 40건의 배송 기준) 하루 300 kg를 물품을 배송하게 되는 것이며, 2박스면 600 kg, 건당 3박스이면 900 kg을 배송하게 된다. 배송기사의 수입인 수수료는 택배와 달라 박스가 아닌 건당이며 박스가 추가 될 때 수수료가 추가되지만 매우 적은 양이다.

배송은 준비단계부터 인도까지 상차(들어 올리기), 하차(들어 내리기) 및 운반(이동과 포장하기)이 반복된다. 따라서 배송건수의 증가와 중량물은 노동강도를 심화시킨다. 더욱이 엘리베이터가 없는 배송지에서는 모든 작업이 전적으로 인력으로 이루어 질 수 밖에 없다. 유해요인 조사 결과, 배송작업의 2/3가 근골격계 부담작업으로 선정될 정도로 온라인배송기사의 노동강도는 높다.

배송기사의 노동강도를 가중시키는 또 다른 요인은 겸업이다. 배송기사의 50% 정도가 계약한 마트사 배송 이외에 주 5일을 1일 4시간 정도의 부업을 한다. 부업도 본업과 유사한 배송업무가 주를 이루고 있고 배송시간은 주로 새벽시간에 이루어지고 있다. 배송기사가 겸업을 하는 이유는 온라인배송 수입으로는 생계를 이어갈만큼 충분하지 않기 때문이다.

1) 배송물은 박스에 담아 배송을 하며, 주문량의 제한이 없으므로 배송 1건당 여러 개의 박스가 있을 수 있음

Ⅳ. 택배기사와 온라인배송기사의 과로사 예방 방안

택배기사와 온라인배송기사는 특수고용 종사자로 고용의 형태, 업무 내용이 매우 유사한 직종이다. 그러나 산재보상보험법상 택배기사는 특수형태근로종사자의 범위에 포함되어 있고 온라인배송기사는 해당되지 않는다. 이로 인해 온라인배송기사의 산재보험 가입률은 대단히 낮으며, 근로자 건강진단, 안전보건교육의 사각지대에 놓여 있다.

고용형태에서도 차이점이 있다. 택배기사는 택배사와 기사의 중간에 있는 영업점이 물리적으로 존재하고 배송기사는 영업점과 서브터미널을 중심으로 업무를 한다. 배송의 양은 배송지역에 따라 달라지지만 계약상 수수료는 배송물 건당으로 형성된다. 온라인배송기사의 경우, 마트사와 배송기사 사이에 운송사가 있으며, 배송기사는 마트의 물건을 인수해야 하므로 마트사 건물 외부에서 일을 한다. 수수료는 건당으로 계약이 되지만, 건이 의미하는 것은 고객의 주문 1건에 해당되는 박스이다.

택배의 경우 대부분 1일 배송물량을 서브터미널에서 한번에 인수하며 영업 수탁과 집화가 있어 택배기사는 반드시 집화처를 거쳐 업무를 종료한다. 온라인배송기사의 배송유형은 다양하여 2회전부터 8회전까지 있으며 복귀라는 업무 프로세스가 있어 중간에 마트로 돌아가지만 최종 배송을 마치면 재복귀 없이 배송장소에서 업무를 종료한다.

택배기사들이 안전보건을 위해 사용자측에 요구하는 제1순위는 사용자의 보험가입과 하차 및 분류작업의 개선이며, 다음은 택배수수료와 단가의 인상, 현재 25 kg으로 제한되어 있는 기본중량제한 낮추기, 서브터미널의 작업환경 개선 등이다. 과로 예방을 위한 희망사항은 주 5일 근무제 도입, 년 1회 건강검진, 휴식시간 보장, 밤 9시 이후 배송금지, 건강상담 및 안전관리 교육 요구 등이다. 온라인배송기사들이 안전보건교육을 위해 요구하는 제 1순위는 산재보험가입이다. 과로 예방을 위한 희망사항은 배송물의 중량제한, 일일 배송 건수 제한, 주 5일 근무제 도입과 산업안전보건에 대한 교육 요구 등이다.

택배기사와 온라인배송기사의 건강관련 요인을 비교해 보면, 모두 주관적 건강상태 인지율, 건강검진수검률, 신체활동실천율, 수면의 질은 낮고 흡연율이 매우 높다. 만성질환 유병률은 낮으나 업무와 관련되어 근골격계 증상 호소율과 눈의 피로[1]호소율이 높다. 온라인배송기사의 경우, 대부분의 작업이 즉시 개선이 필요한 근골격계 부담작업이다.

이와 같이 택배기사와 온라인배송기사의 업무와 노동시간 및 건강장해 등의 자료를 바탕으로 과로사 예방을 위한 방안을 크게 5가지로 구분하여 제시하고자 한다[2]. 이 내용은 2020년 말 정부에서는 발표한 '택배기사 과로사 방지 대책'과 맥락을 같이한다.

첫째, 건강진단 대상의 확대이다. 특수형태근로종사자인 택배기사와 온라인배송기사는 「산업안전보건법」 제129조의 건강진단 대상 근로자로 인정되지 않는다. 택배기사 과로사 방지대책에서 과로를 예방하기 위한 건강보호 방안으로 년 1회 택배기사의 건강검진을 추진할

1) 택배기사와 온라인배송기사 모두 배송을 위해 운전을 하고 App을 기반으로 업무를 하고 있음

2) 온라인 배송기사의 배송시간, 중량물 제한 등 마트사와 이커머스사에서 해결해야 하는 방안은 포함하지 않음

것을 보도하였고, 2021년부터 「산업안전보건법」 개정을 통해 택배기사를 일반근로자의 범주에 넣어 매년 건강검진을 받도록 하며 특수건강검진에 준하는 검사를 추가할 계획이다. 대형마트의 온라인배송기사는 택배기사와 업무형태가 유사하며 중량물 제한이 없어 심각한 건강위험에 노출되어 있으므로 택배기사에 준하는 건강검진 대상으로 추가되어야 할 것이다.

둘째, 근골격계질환 예방을 위한 근골격계 부담작업 유해요인 조사이다. 두 직종 모두 근골격계증상 호소율이 매우 높으며, 택배기사의 경우 산재보험자료를 통해서도 이를 확인할 수 있다. 택배기사나 온라인배송기사의 업무는 「근골격계부담작업의 범위 및 유해요인조사 방법에 관한 고시」에서 단기간 작업 또는 간헐적인 작업으로 분류되어 근골격계부담작업에서 제외된다. 「산업안전보건법 기준에 관한 규칙」 제657조에는 근골격계부담작업으로 인한 건강장해의 예방을 위해 사업자가 3년마다 유해요인 조사를 하도록 규정하고 있다. 이들 두 직종의 배송 전 준비와 배송과정에서는 상차와 하차, 그리고 배송물을 목적지로 운반하는 작업 등에서 근골격계질환 발생의 위험이 매우 크며, 온라인배송기사의 경우 중량물 제한이 없으므로 위험성이 더욱 크다. 그러므로 이 두 직종은 근골격계 유해요인조사 대상에 포함되어야 할 것이다.

셋째, 안전보건교육제도의 개선이다. 「산업안전보건법」 제77조에는 특수형태근로종사자의 노무를 제공받는자는 특수형태근로종사자의 산업재해 예방을 위해 필요한 안전조치 및 보건조치로 안전 및 보건에 관한 교육을 실시해야 함을 명시하고 있으며, 「산업안전보건법시행령」에는 특수형태근로종사자에 대한 안전보건교육 시간과 내용이 제시되어 있다. 그러나 고용노동부 고시인 안전보건교육 규정에는 그 시간을 단축할 수 있는 특례규정이 있다. 교육의 내용이 대상자의 요구에 적합한 것일 때 교육의 효과가는 크다. 택배기사나 온라인배송기사 모두 수없이 운전과 주차를 반복해야 하는 업무를 하므로 늘 교통사고와 안전사고의 위험에 노출되어 있다. 또한 기사들 스스로 안전보건교육의 필요성에 대한 인지도가 높다. 따라서 특례규정이 적용되지 않아야 할 것이며, 업무과정에 따른 적합한 안전보건교육의 내용이 개발되어야 할 것이며 이와 더불어 직무스트레스, 감정노동의 예방 등에 대한 교육내용이 추가되어야 할 것이다.

넷째, 건강인식 개선환경의 조성과 건강증진 프로그램의 제공이다. 택배기사와 온라인배송기사의 연령은 대부분 중년에 속한다. 이들은 주관적 건강상태 인지율이 낮고 흡연, 운동, 건강검진 수검 등 건강행태가 좋지 않다. 배송업무가 육체노동이므로 운동이 필요없다는 사고가 지배적이고, 과도하게 사용한 근육을 스트레칭 등으로 이완해 주어야 할 필요성에 대한 인식은 부족하다. 배송기사는 장시간 노동을 하며 업무특성상 휴게시간을 갖기 어려운 환경에 노출되어 있어 건강과 질병에 대한 올바른 인식을 가지고 개인적인 차원의 자가건강관리를 할 수 있도록 해야한다.

배송기사들의 업무는 모바일 어플리케이션을 기반으로 수행하므로 이들의 건강관리도 앱을 통해 관리할 수 있을 것이다. 과로와 피로도 측정, 위험도 알람 기능 등이 포함된 어플리케이션을 개발하여 보급하고 활용하도록 하여 자가건강관리를 유도할 수 있을 것이다. 또한 지역의 근로자건강센터에서 앱을 통한 데이터를 수집하고 분석함으로써 배송노동자에게 적합한 건강증진 프로그램을 개발하고 제공할 수 있는 체계가 마련되어야 할 것이다.

다섯째, 안전보건조치 의무이행에 대한 지속적 감독이다. 택배회사나 대형마트사는 「산업안전보건법」

준수 이외에도 배송기사의 건강보호를 위해 안전·보건조치를 이행할 수 있는 방안을 마련해야 한다. 택배회사는 영업점주에게, 마트사는 운송회사에게 배송기사의 휴식시간 보장, 휴게공간의 제공 등 안전보건조치를 하도록 관리해야 하며, 안전운전, 기상악화 시 안전대책 등 각종 안전보건교육자료를 마련하여 배송기사에게 교육하도록 관리해야 할 것이다. 택배기사와 마트배송기사 모두 말단배송을 하며 고객과의 접점에 있는 노동자로 감정노동, 폭력 및 직무스트레스를 경험하므로 택배회사와 마트사는 직무스트레스 예방관리에 대한 가이드라인을 마련하고 실행해야 할 것이다.

택배영업점과 운송회사보다는 택배회사와 마트사가 고객서비스에 대한 체계적인 조직을 갖추고 있다. 체계적이고 효과적인 교육을 위해서는 이들 회사가 배송기사에게 직접교육을 제공할 수 있도록 법 정비를 우선 고려해야 할 것이다. 한편 정부는 주기적이고 체계적인 근로감독과 안전보건이행 의무감독을 통해 택배회사와 마트사의 안전보건에 대한 책임이행의 점검·확인과 안전보건 의무이행 인식 개선을 위한 지도와 지원을 해야 할 것이다.

마지막으로 사회안전망의 확대인 산재보험의 확대이다. 택배기사의 경우 2012년부터 산재보험 적용대상이 되었으나 임의가입 방식이었다. 그러나 2021년 법을 정비하여 산재보험 적용제외 신청사유가 엄격히 제한되고 산재보험료는 특수형태근로자특례방식으로 한시적으로 경감된다. 온라인배송기사도 유사직종으로 볼 수 있어 택배기사와 동일한 형태의 산재보험이 적용되어야 할 것이다.

V. 결론

코로나19가 종식된다 하더라도 비대면 소비문화의 경험자들의 온라인 소비행태는 지속될 가능성이 높을 것으로 전망한다. 필수노동조인 택배기사와 온라인배송기사는 직업불안전성이 높은 종속적 자영업자이므로 산업안전보건에 매우 취약하다. 2020년과 2021년 안전보건연구원 연구과제로 수행한 장시간 노동과 건강장해 예방연구를 통해 택배기사와 온라인배송기사의 장시간 노동을 유발하는 요인을 확인하고 건강장해를 일으키는 각종 요인 파악하였다. 그리고 이를 통해 과로사를 예방할 수 있는 제도적, 정책적 방안을 제시하였다.

택배기사와 온라인배송기사는 불안정한 고용상태에서 사회보장의 사각지대에 놓여 주 60시간 이상의 장시간 노동을 하며 충분한 휴식을 취하지 못하고 있다. 배송업무와 관련되어 근골격계증상과 눈의 피로 호소율이 매우 높다. 또한 감정노동과 폭력에 따른 스트레스와 직무자율성 부족, 보상의 부적절에 대한 스트레스에 노출되어 있다. 그러나 산업안전보건에서도 사각지대에 놓여있다.

택배기사와 온라인배송기사는 과로사 등 건강장해를 예방하기 위해서는 산재보험가입과 건강검진, 휴식시간의 보장, 건강상담 및 안전관리교육이 필요함을 인식하고 있다. 따라서 과로사 예방을 위해 다섯가지 방안을 제시하였다. 정부는 2020년 11월에 택배기사 과로사 방지 대책을 발표하였고 현재 추진 중이다. 택배기사와 온라인 배송기사의 고용과 업무 등 매우 유사한 환경이므로 정부차원에서 온라인 배송기사의 과로사를 방지하기 위한 대책을 마련해야 할 것이다. 온라인 배송기사의 과로를 예방하기 위해서는 중량물 제한과 배송주기 등에 대한 검토가 필요하다. 그러나 이 문제는 마트사와 이커머스사와 연결되어 있고, 추후 연구가 필요한 부분이므로 과로사 예방 방안에 포함하지 않았다.

마트배송기사와 온라인배송기사의 주기적인 건강검진이 이루어지고 이를 바탕으로 건강관련 자료를 파악한다면 체계적인 건강장해 예방방안을 마련할 수 있을 것이다. 또한 축적된 자료를 체계적으로 분석하여 근거중심의 예방 및 관리 방안을 마련할 수 있을 것이다. 따라서 이 글에서 첫 번째로 제안한 건강진단 대상의 확대를 기대해 본다.

참고문헌

- 백희정, 전용일, 조흠학, 최용희(2020). 장시간 노동으로 인한 건강장해 및 과로사 예방 방안. 산업안전보건연구원.
- 백희정, 전용일, 박정모, 조흠학(2021). 장시간 노동 조사 및 과로사 등 건강장해 예방 방안-대형마트, 건물관리업, 택시 및 경차량 운수업-. 산업안전보건연구원.
- 보건복지부, 질병관리청(2021). 2019 국민건강통계.
- 통계청(2021). 2019년 연령별 성별 일반건강검진 대상 및 수검인원 현황. 대전: 통계청.
- 통계청(2021). 국가발전지표. e-나라지표. https://www.index.go.kr/unify/idx-info.do?idxCd=4239
- Deloitte Clients & Industries. (2021). COVID-19가 몰고온 소비 트랜드. Deloitte Insights, 2021;17:50-55.

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

OSH

RI:

VIEW

OSHRI : Practice

01. 건설업 및 제조업 사업장의 공기매개 감염병 대응 지침 개발

02. 신규 작업환경측정분석 국가기술표준(KS) 소개

03. 화학제품정보 물질안전보건자료시스템(MSDS시스템) 구축

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

01

건설업 및 제조업 사업장의 공기매개 감염병 대응 지침 개발

코로나19 등 공기매개 감염병 예방 및 확산 방지를 위하여 건설업 및 제조업 사업장 특성에 적합한 직무별 대응 지침을 제시하였다.

연구책임자
최은숙 교수 | 경북대학교 간호대학

연구상대역
최윤정 과장 | 산업안전보건연구원 직업건강연구실
052-703-0862 | yoonjung@kosha.or.kr

최은숙 교수

최윤정 과장

I. 배경

우리나라는 2003년 중증 급성 호흡기 증후군(Severe Acute Respiratory Syndrome, SARS), 2009년 신종 인플루엔자(H1N1 Pandemic), 2015년 중동호흡기증후군(Middle East Respiratory Syndrome, MERS) 등 다양한 호흡기계 감염병을 경험하였다. 현재 우리나라를 포함하여 세계적 대유행이 진행 중인 코로나바이러스감염증-19(Coronavirus Disease 2019, COVID-19, 코로나19)는 주로 비말로 감염되는 호흡기계 감염병이다.

현재 세계적으로 대유행인 코로나19의 조기 종식이 어려울 것으로 예측되는 가운데 유행의 반복가능성도 높아 보인다. 따라서 코로나19 감염을 예방하고 확산이나 재유행을 막기 위한 사업장 차원의 적극적인 근로자 보호정책이 필요하다. 이를 위해서는 사업장의 코로나19 대응 현황이나 문제점을 조사하고 사업장 특성에 적합한 업종별, 직무별 대응 방안과 표준지침을 개발할 필요가 있다.

II. 실용화 내용

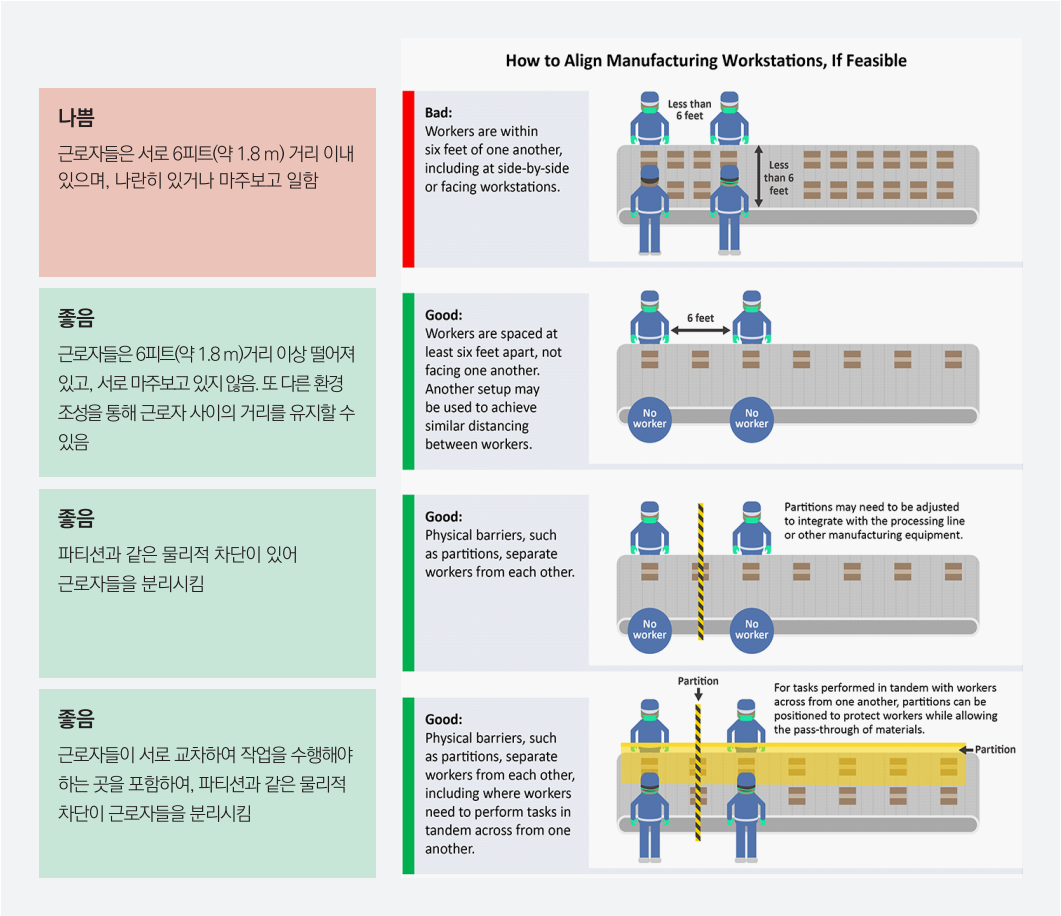
제조업 사업장의 공기매개 감염병 대응 지침

(1) 제조업 사업장의 코로나19 위험성 평가 시 추가적인 고려사항

- 근로자들 사이의 거리 : 제조업 근로자들은 생산 라인이나 조립 라인에서 서로 근거리에서 작업하는 경우가 많다. 그 외에도 출퇴근 카드를 찍을 때, 휴식 시간 중, 또는 탈의실에서 옷을 갈아입을 때 근로자들 사이의 거리가 가까워질 수 있다.
- 접촉 시간 : 제조업 근로자들은 동료들과 장시간 가까이에 있는 경우가 많다(예 : 근무일당 8-12시간). 잠재 감염자와 지속적으로 접촉하면 감염병 전염 위험이 높아진다.
- 접촉 형태 : 제조업 근로자들은 공기 중의 호흡기 비말을 통해(예 : 바이러스에 감염된 근로자가 공장 안에서 기침이나 재채기를 할 때) 전염성 바이러스에 노출될 수 있다. 또한 공구나 작업대, 휴게실 테이블 등 오염된 표면이나 물체와의 접촉을 통한 노출 가능성도 있다. 휴게실이나 탈의실, 시설 출입구 등 공용 공간 역시 위험에 기여할 수 있다.
- 이외 근로자들 사이에서 감염 위험을 높일 수 있는 확실한 기타 요인의 예 : 공용 승합차 또는 셔틀 차량, 카풀 및 대중교통 등 교통 수단 공유와 지역사회 감염이 진행 중인 지역의 동료 근로자와의 잦은 접촉 등

(2) 공학적 통제

생산라인이나 조립라인의 작업대 배열을 수정하여, 근로자들이 모든 방향(옆 사람 및 마주보는 사람)에서 2 m(최소 1 m)의 거리 두기



[그림1] 제조업 사업장 물리적 거리두기 지침

출처 | CDC, 제조업 근로자 및 고용주 CDC 및 산업안전보건국(OSHA)의 임시 지침 (20.05.12)

- 표식과 기호를 이용하여 작업대에서는 자기위치를 지켜 서로 거리를 유지하고 휴식 시간에는 사회적 거리두기를 실천하도록 안내
- 사회적 거리두기가 어려운 작업 활동의 경우, 작업 지속시간을 제한하거나 혹은 작업대 사이에 간격을 두거나 아크릴판 또는 이와 유사한 소재의 물리적 차단막, 불침투성 칸막이나 파티션 등을 사용하여 근로자들을 서로 분리
- 공기조화시스템(냉난방기 및 환기설비) 엔지니어와 상의하여 작업장에서 환기가 잘 이루어져 작업자의 잠재적 노출을 최소화
- 작업장 내에서 스탠드형 선풍기나 벽걸이형 선풍기를 사용하는 경우, 선풍기 바람이 근로자 한 명을 거쳐 다른 근로자에게로 직접 전달되지 않도록 하기

- 개인 선풍기 사용을 금지하여 바이러스가 공기 중에 뜨거나 에어로졸화되어 전파될 가능성 감축
- 작업장 내 선풍기 제거 시 근로자에게 고지하고 고온 위험 방지 조치 실시
- 손 위생을 장려하기 위해 여러 장소에 손을 씻을 수 있는 구역 또는 적어도 최소 60% 알코올(또는 그 이상)이 함유된 손 소독제 배치. 가능하면 터치가 필요 없는 손 소독제 분사기를 제공
- 혼잡을 줄이기 위해 가능하면 출퇴근 기록기를 추가로 마련하고 일정 설치 간격 확보. 출퇴근 기록기는 터치 프리 방식을 사용하거나 근로자가 시간차를 두고 출퇴근 시간을 기록할 수 있는 방법 마련

(3) 사업장 내 사회적 거리두기

1) 작업 공간

- 작업 교대 등과 같이 모임이 반드시 필요한 경우, 전체가 모두 모이게 하지 말고 소그룹으로 나눠서 진행하기. 필수적이지 않은 모임이나 회의는 없애기
- 가능한 경우, 시설 전역에서 각 근로자 사이에 2 m 거리를 두는 한 줄 서기 운동을 장려
- 생산/조립라인 작업장에서 거리두기를 모니터링하고 필요 시 폐쇄회로 텔레비전(CCTV)을 설치하여 원격 모니터링 활용
- 생산/조립 라인을 변경하거나 근로자들의 작업 시작 시간에 시차를 두는 방법으로 전체적 생산량을 유지하면서 감염병 노출을 최소화하는 조치마련
- 근로자 코호트(동일 집단) 관리. 근로자들을 그룹으로 묶어 항상 같은 동료들과 함께 같은 교대조에 배정함으로써 공장의 평상시 교대근무 일정 변경의 효과성을 높일 수 있음.
  코호트 관리는 일주일 동안 밀접 접촉하는 사람의 수를 소속 코호트 인원으로 국한시켜 해당 코호트에 속하지 않는 근로자들의 노출 가능성을 줄임으로써 작업장 내 감염병 전파를 줄임
- 작업 중에는 건물 및 작업장에서 부수적인 이동을 금지하고, 작업 시 마스크 착용
- 사업장에서 안전하게 수용할 수 있는 최대 인원수를 고려하여 작업
- 일일 단일 작업으로 작업 순환 및 장비 순환 감소 배치
- 직원이 서로 멀리 떨어져 작업할 수 있도록 사회적 거리(2 m) 확보
- 2 m 확보가 안 될 경우 나란히 작업하거나 얼굴을 마주보지 않도록 배치
- 작업장에서 사회적 거리두기를 장려하기 위한 시각적 표시(예: 바닥표시, 표지판) 사용하기
- 화이트보드나 표지와 같은 시각적 커뮤니케이션을 사용하여 대면 커뮤니케이션 없이 작업 현장 주변의 안전한 작업 관행 설명하도록 하기
- 함께 사용하는 도구, 자료 또는 작업 지침 등 사람들이 서로 직접 전달해야 하는 경우에는 교환 구역을 정하여 직접 접촉을 없애기
- 사회적 거리두기가 어려운 경우 다음을 고려하기

  · 근로자 수 최소한으로 유지하기
  · 사회적 상호작용을 제한하기 위해 같은 팀에서 교대 근무하는 교대팀(코호트라고도 함) 유지하기
  · 스크린 등을 활용하여 근로자 사이에 물리적 장벽 설치하기

2) 이동

- 근로자들이 작업환경에서 이동하는 방식 고려하기

· 가능한 사회적 거리두기를 위해 사업장 내에서 필수적인 이동만 허용하기
· 근로자들 간 작업과 장비 회전률을 제한하기
· 승강기 및 작업 차량 이용자의 수 제한하기
· 승강기, 복도, 개찰구 및 보도를 포함하여 이동량이 많은 지역에 사람 수 줄이기
· 근로자들의 사회적 거리를 돕기 위해 바닥 페인트 또는 테이프로 영역을 표시
· 근로자들이 이동할 때 사회적 거리두기가 유지되도록 임시 보행로 도입을 고려하기

- 엘리베이터, 좁은복도, 계단 등 사람이 붐비는 공간에 사회적 거리두기를 위한 조치 시행

(4) 건강한 작업환경 유지

1) 사업장 환기 시스템 개선

- 자연 환기가 가능한 경우 창문을 상시 열어두고, 에어컨 사용으로 인해 상시적 자연환기가 어려운 경우 2시간마다 1회 이상 환기하기
- 적절한 국소배기장치 설치 및 공조설비로 전체 환기실시
- 환기 설비가 올바로 기능하여 각 공간의 현재 이용 인원수에 맞는 적정한 실내 공기 청정도 확보하기
- 환기 속도 높이기
- 환기 설비를 가능한 한 항상 작동시켜서 건물 내부의 환기 개선하기
- 환경 조건 및 건물 요건을 고려하여 가능한 경우, 자연 환기를 통해 외기에 의한 실내 공기 희석률을 늘리도록 조치
- 오염도가 높은 지역에서는 외기 환기량 늘리기 (단, 건물 내 이용 인원 밀도가 낮으면 이를 통해 일인당 유효 희석 환기량이 증가하므로 주의)
- 기온 또는 수용 인원에 따라 급기량을 줄이는 수요 기반 환기량 조절(Demand Controlled Ventilation, DCV) 기능은 사용하지 않기
- 최소 외기 통풍 조절판을 더 열어서(최대 100%까지) 재순환 되는 공기량을 줄이거나 없애기 (춥거나 더운 날씨에는 적용이 어려움)
- 중앙 공기 여과 장치를 최소효율보고값(Minimum Efficiency Reporting Value, MERV)-13 또는 필터 랙에 맞는 최고 품질의 기기로 개선하고, 필터 우회량을 최소화
- 필터를 점검하여 사용 수명이 남아 있는지 적절히 설치되었는지 확인하기

2) 작업장 청소 및 세척

- 작업자가 작업대를 교체하거나 새로운 도구 세트로 이동할 경우를 포함하여 정기적으로 도구를 청소하고 소독

- 작업장 및 공동 공간에서 위생 처리 빈도를 높이기 위한 프로토콜을 수립하고 물품을 제공. 가능하면 교대 당 최소 한 번 이상 작업 공간과 휴게실의 자주 만지는 표면(예: 전자레인지 또는 냉장고 손잡이, 자동판매기 터치 패드, 문손잡이, 싱크대 손잡이, 계단이나 복도의 난간, 물리적 차단막 등)을 소독
- 작업장 내 작업 영역과 장비 자주 청소하기
- 현장 장비 및 제어판을 포함하여 공용으로 만지는 물체와 표면을 자주 청소하기
- 지게차, 굴삭기 등 공용으로 사용하는 장비 관리 및 세척
- 모든 수공구, 제어 장치, 기계 및 장비는 사용 후 소독
- 근무가 끝날 때 작업 공간을 정리 후 폐기물과 소지품 제거
- 근로자와 방문객이 일회용 안면 덮개와 개인 보호구를 폐기할 수 있도록 여분의 쓰레기통 제공
- 샤워실 혹은 탈의실이 필요한 경우 청결하게 사용할 수 있도록 하며 가능한 사회적 거리두기를 두며 사용
- 소독제로 인한 화학적 위험으로부터 청소 및 소독 작업을 담당하는 작업자를 보호하기 위해 추가 개인보호장비(PPE) 및 기타 관리가 필요

(5) 납입, 납품 및 물품 관리

- 다른 장소로 배송하는 동안 개인 간의 접촉을 최소화하는 절차 마련
- 물품발송 및 수취장소를 지정하고 쉽게 식별이 가능하도록 바닥에 표시
- 2인 배송이 필요한 경우 업무조 구성을 일관되게 유지
- 전자지불방법 및 전자서명 등을 활용하여 대면을 최소화
- 수거 장소, 절차 등을 정함
- 전자 사전예약과 같은 비접촉 배송 등을 이용하여 불필요한 접촉 최소화
- 주문 수량을 늘리고 주문 횟수를 줄여 배송 빈도를 줄이는 방법 고려
- 필요 시 납입물품을 실외보관 후 실내 반입
- 물품 운반 시 가능한 한 한 사람이 작업하도록 하며, 부득이할 경우 조를 짜서 작업하되 안전 확보
- 운전자의 안전이 보장되도록 차량에 머무는 것을 권장

건설업 사업장의 공기매개 감염병 대응 지침

(1) 건설현장 주체별 역할

1) 예방 단계

[표1] 건설현장 주체별 예방 단계

구 분	정 의
발주자	- 감염병 대응 정부 가이드라인 등 현장 배포 - 감염병 관리체계 및 비상연락체계 유지, 비상대응계획 수립 - 근로자 출역 현황 및 자재 수급현황 모니터링 - 위생물품 구입, 방역·소독에 산업안전보건관리비 활용 독려 - 원도급사·하도급사에 보건교육 시행 지시·확인
원도급사	- 감염병 관리체계 및 비상연락체계 유지 - 현장근로자 출입 시 건강상태 확인(체온측정 후 출역점검표에 기재 등) - 최근 2주 이내 해외방문 근로자 현황 파악 및 특별관리 - 위생수칙 등 각종 홍보물을 현장 내 주요 장소에 부착 - 소속 및 하도급사 직원에 감염예방 보건교육 실시 - 보건관리자를 통해 근로자 건강상태 수시 확인 - 위생·방역물품 비치(마스크, 손세정제, 열화상 카메라 등) - 식당, 화장실, 샤워실 등 공용장소 중심 소독 실시
현장소장	- 감염병 대응 정부 가이드라인 등 지침 시행 - 현장근로자 건강상태 파악여부 확인(체온측정 등) - 최근 2주 이내 외국방문 또는 이상징후 근로자에 대한 조치 - 인력, 자재 등 수급상황 수시 모니터링 - 하도급사 관리자 대상으로 예방수칙 교육
하도급사	- 감염병 관리체계 및 비상연락체계 유지 - 현장근로자 건강상태 확인 및 작업 시 모니터링 - 최근 2주 이내 해외방문 근로자 현황 파악 및 특별관리 - 인력소개소 등 인력공급 현황 점검 - 근로자 대상 예방수칙 및 행동요령 교육 - 소속 근로자 대상 마스크 지급 및 착용 확인 - 아침조회 등 단체활동을 지양하고 필요시 소규모로 실시 - 환자 발생에 대비하여 격리공간 확보
근로자	- 현장 출근 시 기침·발열 등 건강상태 확인 협조 - 현장에서 마스크 착용, 손 소독 등 위생수칙 준수
인력소개소	- 건설현장 인력 모집·제공 시 발열 등 건강상태 확인 - 최근 2주 이내 해외방문 여부 확인

2) 사후조치 단계(의심환자 또는 확진환자 발생 시)

[표2] 건설현장 주체별 사후조치 단계

구 분	정 의
발주자	- 감염병 대응요령 및 가이드라인에 따라 조치 - 의심환자 발생 시 보건당국 즉시 신고 - 의심환자·확진환자 발생 시 국토부, 협회 등에 상황 공유 - 확진환자 발생 시 공사중지, 공기연장 및 계약금액 등 조정 검토
원도급사	- 의심환자 발생 시 격리 등 조치 후 보건당국 신고 - 의심환자, 확진환자 발생 시 발주자, 협회 등에 상황 공유 - 현장 내 접촉자, 환자 동선 조사 보고 - 의심환자 등에 대해 유급휴가 부여 - 현장 전반에 대한 방역·소독 등 시행 - 보건당국 지시 하 현장소독 - 확진환자 발생 시 현장 폐쇄, 공사중지 - 확진환자가 확인된 경우 즉시 현장 내 모든 노동자에게 통보 - 접촉자 특별관리
현장소장	- 의심환자 발생 시 즉시 보건당국 신고 및 상위기관 보고 - 의심환자 및 확진환자와 접촉한 근로자 격리조치 및 보고 - 확진환자가 확인된 경우 즉시 현장 내 모든 노동자에게 통보 - 현장 출입통제
하도급사	- 의심환자 발생 시 격리 등 조치 후 원도급사에 보고 - 의심환자 접촉자는 보건당국 지시에 따라 특별관리 - 확진환자와의 접촉자 파악 및 격리 조치 - 보건당국 지시 하 현장소독 - 확진환자가 확인된 경우 즉시 현장 내 소속 노동자에게 통보
근로자	- 현장 관리자의 격리조치에 적극 협조 - 현장 외부에서 감염이 의심될 경우, 체온측정 결과 등을 현장에 보고 후 보건당국의 지시에 따라 자가격리 등 조치

(2) 공학적 통제

- 표식과 기호를 이용하여 작업대에서는 자기위치를 지켜 서로 거리를 유지하고 휴식 시간에는 사회적 거리두기를 실천하도록 근로자들에게 환기
- 손 위생을 장려하기 위해 여러 장소에 손을 씻을 수 있는 구역 또는 적어도 최소 60% 알코올(또는 그 이상)이 함유된 손 소독제 배치. 가능하면 터치가 필요 없는 손 소독제 분사기를 제공
- 휴게실을 비롯해서 근로자의 이용이 잦은 곳에 의자와 테이블을 빼거나 재배치하거나, 테이블 사이에 칸막이를 넣어 근로자 사이의 거리를 늘이기, 적정 수용 인원을 넘을 경우 이용자를 분산할 수 있는 대체 공간(교육실 및 회의실 등)을 확보하거나 옥외 천막을 휴식 및 점심 식사 구역으로 사용하는 방법 고려

(3) 사업장 내 사회적 거리두기

1) 현장 공간

- 가능한 경우, 시설 전역에서 각 근로자 사이에 2 m 거리를 두는 한 줄 서기 운동을 장려
- 근로자 코호트(동일 집단) 관리. 근로자들을 그룹으로 묶어 항상 같은 동료들과 함께 같은 교대조에 배정함으로써 공장의 평상시 교대근무 일정 변경의 효과성을 높일 수 있음. 코호트 관리는 일주일 동안 밀접 접촉하는 사람의 수를 소속 코호트 인원으로 국한시켜 해당 코호트에 속하지 않는 근로자들의 노출 가능성을 줄임으로써 작업장 내 감염병 전파를 줄일 수 있음
- 작업 중에는 건물 및 작업장에서 부수적인 이동을 금지하고, 작업 시 마스크 착용
- 사업장에서 안전하게 수용할 수 있는 최대 인원수를 고려하여 작업
- 일일 단일 작업으로 작업 순환 및 장비 순환 감소 배치
- 직원이 서로 멀리 떨어져 작업할 수 있도록 사회적 거리(2 m) 확보
- 2 m 확보가 안 될 경우 나란히 작업하거나 얼굴을 마주보지 않도록 배치
- 작업장에서 사회적 거리두기를 장려하기 위한 시각적 표시(예: 바닥표시, 표지판) 사용하기
- 화이트보드나 표지과 같은 시각적 커뮤니케이션을 사용하여 대면 커뮤니케이션 없이 작업 현장 주변의 안전한 작업 수행 설명하기
- 함께 사용하는 도구, 자료 또는 작업 지침 등 사람들이 서로 직접 전달해야 하는 경우에는 교환 구역을 정하여 직접 접촉을 없애기
- 사회적 거리두기가 어려운 경우 다음을 고려하기

· 근로자 수 최소한으로 유지하기
· 사회적 상호작용을 제한하기 위해 같은 팀에서 교대 근무하는 교대팀(코호트라고도 함) 유지하기
· 스크린 등을 활용하여 근로자 사이에 물리적 장벽 설치하기

2) 이동

- 근로자들이 작업환경에서 이동하는 방식 고려하기

· 가능한 한 사회적 거리두기를 위해 사업장 내에서 필수적인 이동만 허용하기
· 이동 시 반드시 마스크 착용 및 대화 제한
· 근로자들 간 작업과 장비 회전률을 제한하기
· 작업 차량 이용자의 수 제한하기
· 비계, 호이스트, 화장실 등 사람이 많이 모이는 장소 이동 관리
· 근로자들의 사회적 거리 유지를 돕기 위해 바닥 페인트 또는 테이프로 영역을 표시
근로자들이 이동할 때 사회적 거리두기가 유지되도록 임시 보행로 도입을 고려하기

- 좁은 복도, 계단 등 사람이 붐비는 공간에 사회적 거리두기를 위한 조치 시행

3) 집합·모임·행사

- 조회(TBM), 교육 등은 체온 측정, 마스크 착용, 소독용품 비치 후 가급적 소규모로 방역조치 후 실시
- 소규모 모임, 사내 동아리 활동, 취미모임, 회식 등 비필수적인 모임 등은 자제, 퇴근 후 일찍 귀가하는 문화 형성

(4) 건강한 작업환경 유지

1) 현장 폐쇄 후 재가동 시

- 폐쇄된 모든 장소 또는 일부 장소에 대한 위험성 평가 수행
- 절차에 따른 청소 후 손 소독제 제공

2) 현장 청소 및 세척

- 공사 현장 입구, 휴식 공간, 탈의실 및 화장실 등 여러 위치에 손 소독제 비치
- 청소 및 세척 시에는 전체 환기
- 현장 및 공동 공간에서 위생 처리 빈도를 높이기 위한 프로토콜을 수립하고 물품을 제공. 가능하면 교대 당 최소 한 번 이상 작업 공간과 휴게실의 자주 만지는 표면(예: 전자레인지 또는 냉장고 손잡이, 자동판매기 터치 패드, 문손잡이, 싱크대 손잡이, 계단이나 복도의 난간, 물리적 차단막 등)을 소독
- 현장 장비 및 제어판을 포함하여 공용으로 만지는 물체와 표면을 자주 청소하기
- 장비, 도구 등은 매번 사용 후 청소 실시
- 모든 수공구, 제어 장치, 기계 및 장비 소독
- 근무가 끝날 때 작업 공간을 정리 후 폐기물과 소지품 제거
- 근로자와 방문객이 일회용 안면 덮개와 개인 보호구를 폐기할 수 있도록 여분의 쓰레기통 제공
- 샤워 및 탈의실이 필요한 경우 샤워실, 사물함 및 탈의실에 대한 명확한 사용 및 청소 지침을 정하여 개인 물품을 깨끗하게 유지하고 가능한 한 사회적 거리 확보
- 정기적으로 샤워실 및 탈의시설 포함 모든 시설의 청소 실시
- 소독제로 인한 화학적 위험으로부터 청소 및 소독 작업을 담당하는 작업자 보호하기 위해 추가 개인보호장비(PPE) 및 기타 관리가 필요

3) 현장 차량 관리

- 팔레트 트럭 및 지게차와 같은 장비, 도구 등을 '공용으로 사용할 경우' 매번 사용 후 장비 부품 청소 실시
- 근로자가 집으로 가져갈 수 있는 차량의 경우 정기적인 청소 실시
- 상품을 취급하는 근로자를 위해 손 씻기 시설을 더 설치하거나 손 소독제 제공
- 재사용 가능한 배달 상자는 정기적으로 청소 실시
- 통근 버스는 이용 시간 및 횟수를 증가시켜 한번 이동 시 최소한의 인원이 이용할 수 있도록 조정 필요
- 통근버스 운영 시 주기적인 환기, 청소 및 소독, 임시 칸막이 설치

(5) 현장 인력 관리

- 가능한 한 근로자를 팀으로 나눠서 그룹으로 교대하여 근로자 간 접촉을 최소화 함
- 함께 사용하는 도구, 자료 또는 작업 지침 등 사람들이 서로 직접 전달해야 하는 경우에는 교환 구역을 정하여 직접 접촉을 줄임
- 현장 숙소 사용 시, 고정된 근로자 그룹을 만들어 동일 그룹 간 접촉을 허용하고, 입구 및 출구와 같은 병목 지점에서 근로자 모임을 최소화하고 근무하는 동안 사회적 거리 유지

참고문헌

- 국토교통부. (2020.03.31.). 「코로나바이러스감염증-19」 예방 및 확산방지를 위한 건설현장 대응 가이드라인(제5판)
- 덴마크 지침 : https://workplacedenmark.dk/health-and-safety/prevent-the-spread-coronavirus/corona-precautions-construction/
- 미국 지침 : Occupational Safety and Health Administraion(OSHA). COVID-19 Guidance for the Construction Workforce
- 미국 CDC 웹사이트(20.05.20), 코로나19에 대응하는 사업체와 고용주를 위한 임시지침 https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/community/guidance-business-response.html
- 영국 지침 : HM government. (2020.08.12.). Working safely during COVID-19 in construction and other outdoor work
- 중앙재난안전대책본부. (2020.07.03.). 생활 속 거리 두기 세부지침[3판]
- 캐나다 지침 : Canadian Centre for Occupational Health and Safety. (2020.04.07.). Coronairus(COVID-19) Tips – Construction
- 「코로나19(COVID-19)」 예방 및 확산방지를 위한 사회적 거리두기 지침(2단계, 사업장용), 3판. 2020.09.07.
- CDC 제조업 근로자 및 고용주(업데이트 일자 2020년 5월 12일)
- CDC 건설 근로자가 COVID-19에 대해 알아야 할 사항(업데이트 일자 2020년 5월 19일)
- OSHA 4000_건설인력에 대한 COVID-19 지침
- OSHA 4002_제조업 근로자에 대한 COVID-19 지침
- Raatschen, W. (1992). Demand Controlled Ventilating Systems: Sensor Market Survey. Swedish Council for Building Research [Statens rad for byggnadsforskning]

본 연구과제는 경북대학교 간호대학(연구책임자 최은숙 교수)에서
수행한 연구과제를 요약·정리하였습니다.

02

신규 작업환경측정분석 국가기술표준(KS) 소개

본 실용화리포트는 이번 연구에서 마련 된 작업장 공기 분야의 표준 내용을 담고 있다. 퓨리에-변환 적외선 분광광도기의 산화규소(결정체 석영. 이하 동일) 분석방법, 공기 중 금속·준금속 / 가스·증기류 평가의 측정절차 요구사항, 그리고 독성 가스 검지기의 성능 요구사항 등을 설명하고 있다.

연구책임자
황용식 대표 | 신라환경컨설팅(주)

연구상대역
김성호 과장 | 산업안전보건연구원 직업환경연구실
052-703-0892 | sungho.kim@kosha.or.kr

황용식 대표

김성호 과장

I. 배경

산업통상자원부(국가기술표준원)에서 담당하고 있던 모든 표준 업무가 부처별로 이관됨에 따라 2015년 국제표준화기구의 작업장 공기 분야(ISO/TC146/SC2)의 표준이 고용노동부로 이관되었다. 이후 산업보건 분야에 활용 될 수 있는 ISO 표준을 KS로 제정하기 위한 연구를 연구원에서 지속적으로 수행하고 있다.

그리고 우리 연구원은 ISO/TC146/SC2의 p-멤버[1] 자격으로 매년 개최하는 국제회의에 참여하여 ISO 표준 관련 투표 등 표준에 대한 한국의 의견을 제시하고 있다.

주요 관련 정보

최근 제·개정 된 ISO 국제표준 4종, 퓨리에-변환 적외선 분광광도기에 의한 호흡성 산화규소 분석(ISO19087:2018), 공기 중 입자의 금속 및 준금속, 측정 절차 평가의 요구사항(ISO21832:2018), 가스 및 증기, 펌프 시료채취기를 이용한 측정 절차 평가 요구사항(ISO22065:2019), 파트 1, 가스 검지기, 유해가스 검출기의 성능 요구사항(IEC 62990-1:2019)에 대한 연구이다.

II. 실용화 내용

퓨리에-변환 적외선 분광광도계(FTIR)를 활용한 호흡성 산화규소의 분석(ISO 19087:2018)

(1) 목적

호흡성 산화규소[2]의 노출은 여러 산업에서 나타나고 있다. 이에 따라 산업위생 전문가 등은 이러한 유해인자로부터 근로자의 건강을 지키기 위해 노력하고 있다. 공기 중 시료를 채취하여 호흡성 산화규소를 정량하는 것은 개인의 노출평가 및 작업장 관리에 중요하다. 따라서 여과지에 포집된 해당 시료를 국가적으로 많이 사용하고 있는 퓨리에-변환 적외선(Fourier- Transform Infrared, FTIR) 분석기기를 활용하여 호흡성 산화규소를 분석하는 것이 이 표준의 목적이다.

(2) 주요 내용

FTIR 분석법은 크게 세 종류로 분류하는데 직접여과지법, 재침적 간접법, 그리고 브롬화칼륨(KBr) 펠렛 간접법[표1]이며, 이 중 가장 많이 사용하는 분석법은 KBr 펠렛 간접법이다.

1) 해당 ISO/TC146/SC2의 한국대표를 의미하며, 투표·표준 마련 등에 참여

2) 이 표준에서 호흡성 산화규소 다형체는 가장 일반적인 형태인 석영, 크리스토발라이트이며, 트리디마이트와 같이 일반적이지 않은 다형체는 제외한다.

[표1] FTIR 분석법 종류 및 특성

구 분	정 의
직접여과지법	공기 중에서 직접 포집한 시료 여과지의 호흡성 산화규소를 분석하는 방법이다. 이 방법의 특정한 요구사항은 작업장 측정할 때 사용되는 시료 채취기가 검량시료의 전처리에 사용되는 것과 같아야하므로 실제 적용하기에 한계점이 따른다.
재침적 간접법	포집 매질로부터 회수한 분진을 분석에 필요한 여과지에 다시 침적시켜 분석한다.
KBr 펠렛 간접법	포집 매질로부터 회수한 분진을 분석에 필요한 KBr 펠렛으로 압착한 후 분석한다.

(3) 기대 효과

보편적으로 사용하는 FTIR 분석법은 KBr 펠렛 간접법을 활용하여 호흡성 산화규소를 분석하고 있지만, 그 외 2가지 분석법을 이 표준에서 설명하고 있으므로 향후 분석에 참고한다면 작업환경측정의 신뢰성이 향상될 것으로 본다. 그리고 해당 물질에 대한 FTIR 분석방법에 관한 한국산업안전보건공단 기술지침(KOSHA GUIDE) 제정 시 기초자료로 참조될 수 있다.

금속·준금속의 평가를 위한 측정절차 및 분석 시의 요구사항(ISO 21832:2018)

(1) 목적

이 표준은 적절한 포집 매체를 사용하여 공기 중의 금속·준금속[1)]을 평가하기 위하여 필요한 측정·분석 절차의 성능 요구사항 및 시험방법에 대하여 설명하기 위함이다. 그리고 우연·계통 오차의 불확도(uncertainty)를 추정하고 계산함으로써 측정 절차를 검증하는 방법도 명시하고 있다.

(2) 주요내용

금속·준금속의 물질, 분석기법, 시료의 간섭등과 시료채취 공기량, 시료채취기의 종류 및 펌프 등에 대한 측정절차의 방법평가와 검출 한계, 정량한계. 분석의 회수율, 확장 불확도를 이용한 분석절차의 성능평가에 대한 내용을 [표2]에서 설명하고 있다.

[표2] 측정절차의 요구사항

구 분	정 의	
측정절차의 방법평가	- 측정한 물질, 분석기법, 간섭 등 최소 요구사항 - 시료채취 공기량 및 불확도	- 시료 채취기 종류 - 시료 채취 펌프
분석절차의 성능평가	- 검출 한계(LOD), 정량 한계(LOQ) 및 기기 검출 한계(IDL)	- 분석 회수율 - 확장 불확도

1) 이 표준은 무기 가스 또는 증기로 존재하는 금속·준금속, 입자·증기 혼합물은 해당되지 않는다.

(3) 기대 효과

작업환경측정의 절차를 검증하고 분석의 정확도를 높여 작업환경측정의 신뢰성을 보다 높은 수준으로 확보할 수 있을 것으로 본다. 금속·준금속의 KOSHA GUIDE(측정 및 분석방법)를 참고하여 시료를 채취한 후, 본 표준으로 그 절차를 한 번 더 검증한다면 향후 국내 작업환경측정기관의 수준은 보다 향상 될 것으로 예상한다.

가스·증기류를 평가하기 위한 시료 채취기, 측정절차 및 실험방법의 요구사항(ISO 22065:2019)

(1) 목적

공기 중의 가스·증기류를 측정 평가하기 위하여 펌프 시료채취기를 연결하여 시료를 포집한다. 이 때 적절한 시료채취기[표3]를 사용해야 하며 이에 대한 평가 및 절차가 필요하다. 이 표준은 이에 대한 요구사항을 설명하고 있으며, 정해진 실험 조건에서 성능(performance) 요구사항 및 시험방법을 제시하고 있다.

[표3] 시료채취기 형태

구 분	정 의
A형 시료채취기	시약을 함침할 수 있는 포집 매체에 흡착되는 방식이다. 포집매체는 항상 용매로 탈착하고 분석한다.
B형 시료채취기	고체에의 흡착, 열 탈착 및 탈착물을 분석하는 방식이다.

(2) 주요내용

시료 채취기의 요구사항, 측정절차의 요구사항 및 시료 채취기의 시험방법에 대해서 정해진 시험 조건을 [표4]에서 구체적으로 설명하고 있다.

[표4] 시료 채취기·측정절차의 요구사항 및 시험방법

구 분	정 의
시료 채취기	- 유속 저항, 유효기간, 시료 채취기 식별 등 - 시료 채취기 누출 테스트 (B형만 해당) - 사용설명서
측정절차	- 시료부피, 공기유량, 보관 조건 등 - 최대 공기 유량 (A형) 및 최소 공기 유량 (B형) - 적량 한계, 분석 회수율, 공시료, 불확도 등
시험방법	- 유속 저항, 파과실험 등 - 시료 채취기 누출 시험 (B형만 해당) - 유효 기간 (A형만 해당) - 사용설명서

(3) 기대 효과

펌프 시료채취기를 제조하고, 분석방법을 개발하는 자에게 본 표준은 기초자료가 될 수 있으며, 또한 산업위생 전문가 등도 작업환경측정·평가 시 정확한 펌프의 성능을 점검·사용할 수 있게 되므로 산업현장을 평가하는데 도움이 될 것이다.

독성 가스를 측정하기 위한 가스 검지기의 성능 요건(IEC 62990-1:2019)

※ IEC 62990-1:2019에 IEC 62990-1/COR 1 내용이 반영됨

(1) 목적

이 표준은 작업장 공기 분야의 독성 가스·증기의 농도를 측정하기 위한 장비의 구성, 시험 및 성능에 대한 일반적인 요구사항에 대한 것으로 정해진 조건에서 실험하여 가스 검지기의 요구사항을 설명하고 있다. 이 표준의 주 사용자는 가스 검지기의 장비의 제조자이지만, 장비를 이해하고 사용하고자 하는 산업위생 전문가 등도 활용할 수 있다.

(2) 주요내용

이 표준은 [표5]에 두 가지 유형의 장비에 대한 장비의 구성, 시험 및 성능 요건을 구분하고 있으며, 건강 모니터링과 안전 모니터링으로 나누어 설명하고 있다. 건강 모니터링은 노출기준과 비교하기 위한 목적으로 사용되고, 안전 모니터링은 안전 경고, 누출 감지 등의 신호 전달 체계에 초점이 맞춰져 있다.

[표5] 가스 검지기 장비의 구성, 시험 및 성능 요건

구 분	정 의	
장비의 구성	- 측정값 표시(디스플레이) - 경보 등 특수상태 지시등 - 고장 신호 표시	- 배터리 잔량 등 표시 - 데이터 전송 - 사용 설명서 제공
시험 요건	- 시험조건 및 절차 - 시험가스 (부피분율 허용오차 ±10% 내) - 시험가스 유량, 온도, 압력, 습도 등	- 물리적 시험(진동, 낙하) - 환경 시험(온도, 압력, 습도, 풍속)

(3) 기대 효과

최근 작업환경 관리 방법에 대하여 여러 측면에서 검토(포괄적 작업환경측정 제도 등)가 이루어지고 있으며, 직독식 측정기술을 활용한 작업환경 관리에 대한 관심도 증가하고 있다. 현재 일부 사업장에서 이러한 기술을 활용한 유해물질 감시체계가 마련되고 있기 때문에 본 표준은 이러한 사업장을 관리·감독하는 산업위생 전문가 등이 활용하여 관련 장비를 도입하는데 있어서 기초자료로 참고할 수 있을 것으로 전망한다.

참고문헌

- 황용식, 조기홍, 한지구 등, 작업환경측정분석 국가산업표준(KS) 제정연구(2), 2020-산업안전보건연구원-835, 2020
- ISO 19087:2018 Workplace air — Analysis of respirable crystalline silica by Fourier-Transform Infrared spectroscopy
- ISO 21832:2018 Workplace air — Metals and metalloids in airborne particles — Requirements for evaluation of measuring procedures
- ISO 22065:2019 Workplace air — Gases and vapours — Requirements for evaluation of measuring procedures using pumped samplers
- IEC 62990-1:2019:2019 Workplace Atmospheres — Part 1: Gas detectors — Performance requirements of detectors for toxic gases
- IEC 62990-1:2019/COR 1:2019 Workplace Atmospheres — Part 1: Gas detectors — Performance requirements of detectors for toxic gases — Technical Corrigendum 1

본 연구과제는 신라환경컨설팅(주)(연구책임자 황용식 대표)에서
수행한 연구과제를 요약·정리하였습니다.

03

화학제품정보 물질안전보건자료시스템(MSDS시스템) 구축

산업안전보건연구원에서는 '물질안전보건자료 제출 및 비공개 승인 심사' 제도를 시행하기 위한 MSDS시스템을 구축함에 있어, 2건의 개별 연구과제에서 제안한 바를 실용화하게 된다. 첫째는 기업의 원활한 제도이행을 위한 시스템 환경 조성이고, 둘째는 제출된 MSDS 정보의 데이터베이스 구성과, 이를 분석·활용할 수 있는 시스템 환경 마련이다.

작성자
박진우 차장 | 산업안전보건연구원 산업화학연구실

연락처
042-869-0372 | husugi@kosha.or.kr

I. 개요 및 배경

2011년 가습기살균제 사건 등을 거쳐 성숙해진 사회의식은 명확한 정보 전달에 대한 갈망을 불러 일으켰고, 이에 대한 제도적 성취중 하나로 산안법 제110조 및 112조에 따른 '물질안전보건자료(이하 MSDS) 제출 및 비공개 승인 심사'제도를 탄생시켰다. 이에 따라, MSDS대상물질을 제조 또는 수입하는 자는 2021년 1월 16일부터 MSDS를 고용노동부(안전보건공단에 위임)에 제출해야 하고, MSDS 내용 중 구성성분에 관한 정보를 영업비밀로 기재하지 않으려는 경우 비공개 승인 심사를 거쳐야 한다. 기존에 제조·수입된 화학제품의 경우 제조·수입량(톤수)별로 유예기간을 두어 순차적인 제도 이행을 허용하였으나, 신규제품은 제조·수입 전에 제도 이행이 완료되어야 한다. 따라서 기존제품은 이미 작성된 MSDS의 정확하고 안정적인 제출에 이슈가 있고, 신규제품은 MSDS 작성부터 제출까지의 이슈가 존재한다. 그리고 비공개 승인 심사는 신청부터 결과통보까지의 과정이 간결하고 원활히 진행되도록 해야 한다. 따라서 이러한 과정을 이행하기 위한 도구로 MSDS시스템의 필요성이 대두되었고, 시스템의 첫 번째 미션도 원활한 제도이행환경 조성으로 결정되었다.

산업안전보건연구원에서는 첫 번째 미션을 수행하기 위하여 2019년'화학물질정보 자원의 효율적 관리 방안 및 제공 방안 연구'를 통해 정보화전략계획(ISP)을 수립하여 '물질안전보건자료시스템(이하 MSDS시스템)'설계 방향을 정하였다. 누가, 언제, 어디에서든 문제없이 산업계의 방대한 MSDS를 웹 시스템을 통해 제출할 수 있고, 제출된 데이터베이스는 수시 또는 정기적으로 점검 및 업데이트가 가능하며, 데이터베이스는 표준화 및 연계성을 갖춰 활용성 있는 형태로 구축되어야 함을 강조하고 있다. 연구내용이 반영된 MSDS시스템의 목표 업무분석 내용은 다음과 같다.

- MSDS 제출 및 비공개 승인 신청 및 심사
  - · 산안법 제110조 및 112조에 따라 기업의 MSDS 제출 및 비공개 신청·심사를 지원한다. 보안 및 개별관리를 위해 회원가입이 요구되며, MSDS파일 등의 서류파일 업로드 기능과 함께 필수정보 입력 기능을 제공한다.
- MSDS 데이터 수집관리
  - · 제출되는 MSDS 파일에서 화학물질에 관한 기본정보를 추출·변환하고, 이를 체계적으로 수집, 연계함으로써 효율적인 화학물질정보 관리 및 유통을 지원한다.
- MSDS 작성 지원
  - · 기업의 MSDS 제출의무를 지원함과 동시에, 작성과정에서 입력/선택된 정보는 MSDS의 추출 데이터화를 대체하거나 보완한다.
- 정보유통 지원
  - · 기업 간 정보전달 인터페이스를 지원함으로써, 산안법 제111조에 따른 MSDS 양도제공과 화학물질정보 활용을 지원한다.
- 화학물질정보 포털서비스
  - · 데이터베이스 내 데이터 간 연계를 통해 화학물질정보 활용성 및 인식 제고를 위한 의미 있는 통계자료를 생산·제공한다.
- 화학물질정보의 정보전략화
  - · 의사결정을 지원할 수 있도록 데이터 분석 서비스를 제공하고, 데이터 간 유용한 데이터 연계를 통해 내재 정보를 확인한다.

국내 화학물질은 유통되기 전에 화학물질의 등록 및 평가 등에 관한 법률(이하 화평법)에 의거하여 등록이 진행된다. 환경부는 등록과정에서 제출되는 물질특성, 유해성·위해성 및 용도 관련 노출정보 등의 자료에 대하여 유해성심사, 위해성평가 등을 수행하고, 그 결과에 따라 유독물질 및 허가물질 등 유해화학물질로 지정·관리하기도 하며, 화학물질안전정보 등을 통해 물질정보를 전달하도록 하고 있다. 하지만 화평법을 통한 물질 등록은 연간 100톤 이상의 기존화학물질이 2024년 말, 1톤 이상은 2030년 말까지 진행되는 등 물질 등록이 완료되기 위해서는 상당한 기간이 소요될 것으로 전망된다. 이와 달리, 제품정보인 MSDS의 경우, 제품의 제조·수입량에 따라 2021년 1월부터 2026년 1월까지 모든 제출이 완료되기 때문에 제품정보가 물질정보 보다 먼저 제출되는 현상이 발생하게 될 것이다. 따라서 당분간은 등록 및 평가되지 않은 물질정보가 MSDS라는 제품정보에 반영되어 정부에 제출되고, 하위사용자에게 전달될 것으로 예측된다. 물론 향후 등록된 물질 정보는 서서히 MSDS에 반영될 것이나, 지금 당장은 물질 정보에 대한 신뢰성이 우려될 수도 있다. 따라서 MSDS가 제품정보로서 정확한 물질정보전달 기능을 발휘하기 위해서는 MSDS 내 물질정보를 검토하고 확인하는 과정이 일부분 필요할 수 있다. 그러나 MSDS 정보의 방대한 양을 감안할 때 이러한 확인과정은 수동으로 진행하기란 곤란하기 때문에 자동으로 정보를 추출하고 데이터화하는 시스템이 요구된다. 이 시스템을 통해서라면 추후 물질 등록 시 변경된 물질정보도 일시에 MSDS에 반영할 수 있을 것으로 기대된다. 물론 MSDS의 역할은 어디까지나 화학제품의 정보를 전달하는 수단이고, 물질정보를 등록하고 검토하는 역할은 환경부 소관이기 때문에, MSDS에서 추출된 물질정보는 제품정보를 관리하는 데 한해 활용되어야 할 것이다.

MSDS 제출정보를 데이터화하는 또 다른 이유는 MSDS 정보를 어떻게 활용할지와 관련 있다. MSDS 제출정보를 검토 또는 확인함으로써 MSDS의 품질문제를 해소하려 하는지, 원료물질 정보가 반영된 제품MSDS 작성을 지원하기 위함인지, 정부의 화학물질관리전략에 합리적인 데이터 분석근거를 지원하기 위함인지, 노동자가 취급하는 화학물질관리에 있어 필수 기본정보를 피드백하기 위함인지 등 여러 이유가 있을 수 있지만 이들 모두 MSDS 제출정보의 데이터화가 선제조건으로 요구되고 있는 것이다.

이에 산업안전보건연구원에서는 2020년 「MSDS시스템 장기적 운영방안(로드맵) 마련 연구」를 통해 MSDS시스템 및 데이터베이스의 장기적 관리방안을 다음과 같이 제안했다.

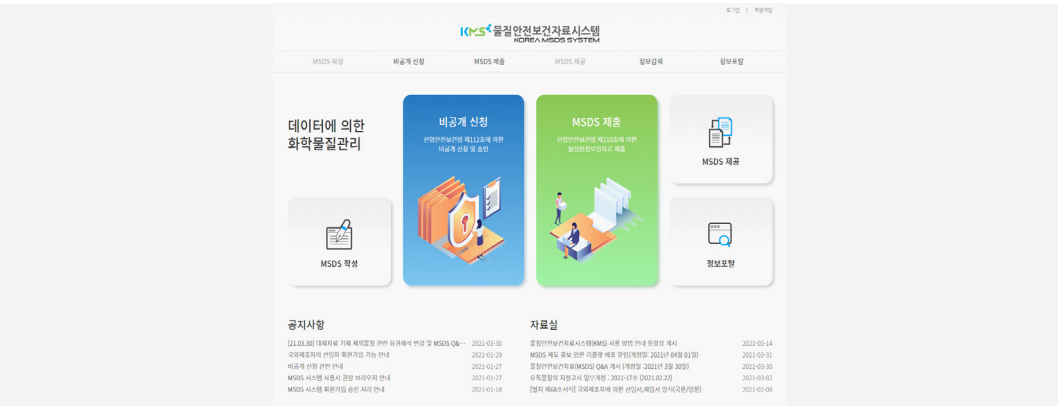
첫째, 화평법 제29조에 따라 화학물질 정보가 MSDS를 통해 전달됨을 감안해 볼 때 고용노동부 및 환경부의 통합적 정보관리 체계로서 화평법 시스템과 MSDS 시스템 간 연계가 필요하다. 둘째, 정부가 물질별 유해성을 결정하고 규제하는 과정에서 화학물질정보 생산 주체인 기업의 의견이 전달될 수 있는 창구가 시스템 내 존재할 필요가 있다. 셋째, MSDS 정보의 질적 향상을 유도하기 위한 방편으로 MSDS 작성 시스템을 제공하고, 제출된 유해성 정보는 시스템을 통해 제공됨으로써 기업 간 정보 확인견제 기능을 지원한다. 넷째, 제출된 MSDS 데이터베이스를 활용하여 노동자 보호의 성과를 입증할 수 있는 정책목표와 집행도구들을 내실화 한다. 다섯째, 위험성평가 제도의 활성화를 촉진시키는 데 기여한다.

'MSDS 제출 및 비공개 승인 심사'제도는 비대해진 영업비밀 흐름에서 기업이 실제 모를 수 밖에 없는 정보와 모르고 있던 정보의 차이를 발견하고, 그 차이로 인한 폐해 및 해결책을 분명하게 끌어낼 수 있을까? 그리고 정부는 화학물질관리정책 수립·시행에 있어 노동계 및 경영계와의 조화와 협조를 이끌어 낼 수 있는 합리적인 실마리를 MSDS 데이터베이스에서 찾을 수 있을까? 제출된 MSDS 정보에 해답이 있을지 아니면 실제 아무것도 존재하지 않을지는 데이터 분석결과에 달려있다. 그리고 정확한 분석을 위해서는 MSDS 정보의 데이터화를 지원하는 시스템에 달려 있다고 볼 수 있다. 따라서 MSDS시스템에 있어 두 번째 미션은 제품/물질을 기준으로 MSDS 제출정보의 데이터베이스를 구성함과 동시에, 이를 분석·활용할 수 있도록 기업, 노동자, 정부 등에 활용시스템 환경을 마련해 주는 것으로 정하였다.

II. 실용화 내용

MSDS시스템의 탄생

편의성 면에서 웹기반 시스템은 다양한 이해관계자가 수많은 유통 화학제품에 관한 정보를 편리하게 교류할 수 있도록 한다는 점에서 의미가 있다. 이를 실현하기 위해서는 '비즈니스 목표 제시', '심플한 인터페이스 환경 구축', '충분한 정보교류 속도 및 용량 확보' 및 '정보보안체계 확보' 등이 요구된다. MSDS시스템에 있어 1차 비즈니스 목표는 기업이 원활하게 법규사항을 이행할 수 있도록 시스템 환경을 조성하는 것이다. 그리고 2차 비즈니스 목표는 MSDS 제출정보가 제품/물질을 기준으로 데이터화 될 수 있는 데이터베이스세트를 구성하고, 이를 분석, 활용할 수 있도록 기업, 노동자, 정부 등에 활용시스템 환경을 마련해 주는 것이다. MSDS시스템에서는 이 2가지 비즈니스 목표를 달성하기 위한 메뉴를 메인화면에 배치하고 있다. 상위메뉴는 MSDS작성-비공개신청-MSDS제출-MSDS제공과 같이 기업의 법적의무를 이행과정 순으로 배치하였고, 정보 활용 및 보조도구인 검색 및 포탈 메뉴를 뒤이어 배치함으로써 **필수업무에 집중할 수 있도록 화면을 구성**하였다.

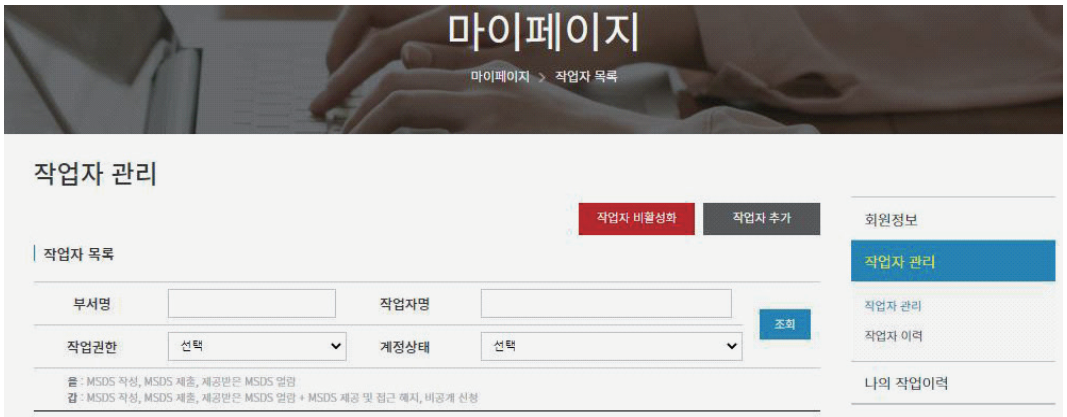


[그림1] MSDS시스템 메인화면

그리고 기업의 편의성과 업무효율성을 도모하고자 다음 기능을 도입하였다.

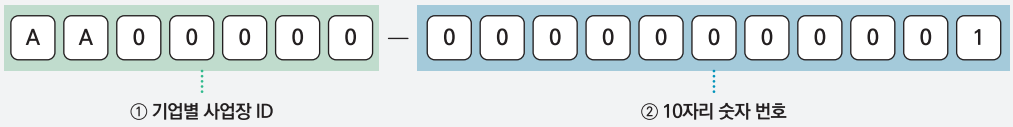
① 작업자 ID를 추가하여, 다수에 의한 동시업무가 가능하다.
② 기업에서 MSDS 번호를 미리 설정하여 제출할 수 있다.
③ 화면에 입력된 정보로 법률에서 규정한 서류가 자동완성된다.
④ 이용자가 MSDS 제출 및 비공개 승인 신청 현황 및 진행상황을 상시 모니터링 할 수 있다.

보안상 기업 및 개인 인증을 통한 회원가입은 필수사항이고, 서버는 이용자의 외부망과 데이터베이스의 내부망을 분리 배치하였다. 기업별로 관리자 ID와 다수의 작업자 ID를 추가할 수 있게 하여 **작업자 다수가 동시업무 수행이 가능하도록 하였다.**①



[그림2] 작업자 추가 화면

비공개 신청 및 MSDS 작성/제출/제공은 로그인 상태에서 필수/선택정보를 입력하고, MSDS 등의 서류는 파일 첨부하도록 하였다. MSDS 제출은 단일 또는 그룹제출이 가능토록 하였는데, 이를 위해 기업별 ID와 10자리 숫자로 조합된 번호구간을 기업에 배정하고, 기업은 제출대상 **MSDS별로 번호를 미리 설정하여 제출할 수 있도록 함으로써 업무 편의성을 높였다.**② 물론 MSDS번호는 단일 또는 그룹 제출 구분 없이 제출이 완료된 이후에 확정되며, 단일 제출의 경우에는 별도설정 없이 자동으로 부여된다.



① **기업별 사업장 ID** | MSDS시스템 회원가입 시 기업별로 부여되는 고유 ID이며, 알파벳 두 자리(AA~ZZ) + 숫자 다섯 자리(00000~99999)로 구성
② **사업장부여 번호** | 10자리 숫자(0000000001~9999999999)로 구성

[그림3] MSDS 번호체계

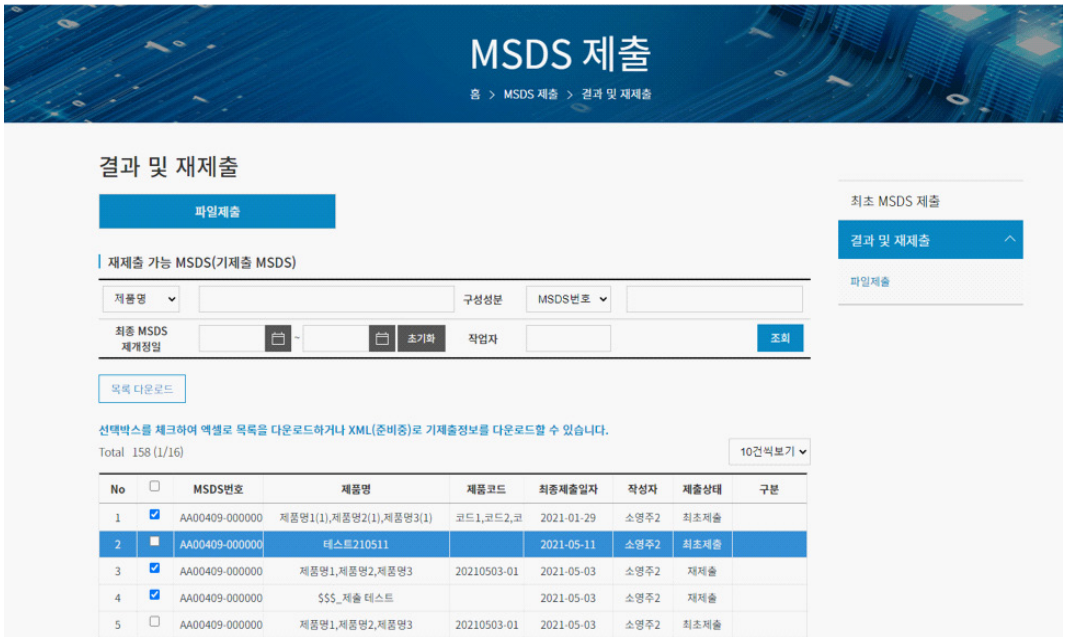
단일 제출의 경우 제품의 기존/신규구분, 톤수구간, 명칭, 용도, 구성성분 등의 정보를 입력/선택하고, MSDS를 파일로 첨부하면 제출이 진행된다. 이때, 수입제품에는 화학물질확인서류 제출이 필요할 수 있는데, 국외제조자 등의 입력정보와 함께 LOC 등의 파일을 첨부하게 되면 **화학물질확인서류가 자동으로 완성·제출된다.**③

[그림4] MSDS 단일제출 화면

그룹 제출의 경우 아래와 같이 단일 제출 시 입력/선택한 정보를 대신하여 XML파일을 첨부한다.

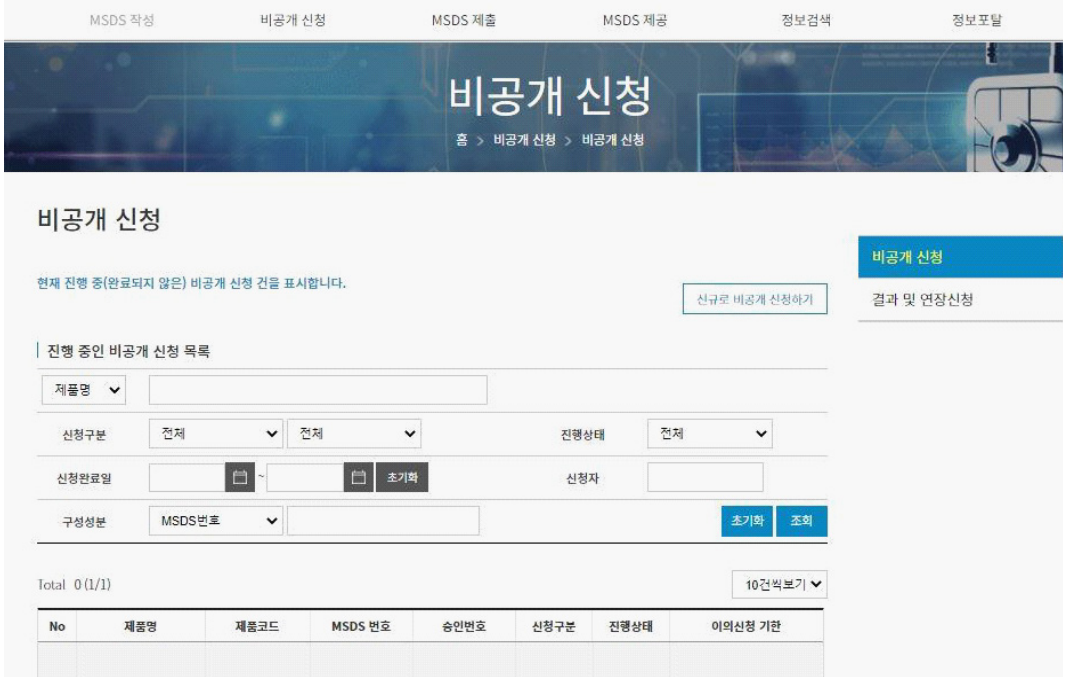
[그림5] MSDS 그룹제출 화면

이용자는 제출이 완료된 MSDS 목록 및 정보를 아래와 같이 확인·집계할 수 있으며, 제품명/구성성분/함유량/유해성 정보 변경이 필요한 경우 제출 MSDS를 선택/수정 후 재제출할 수도 있다.



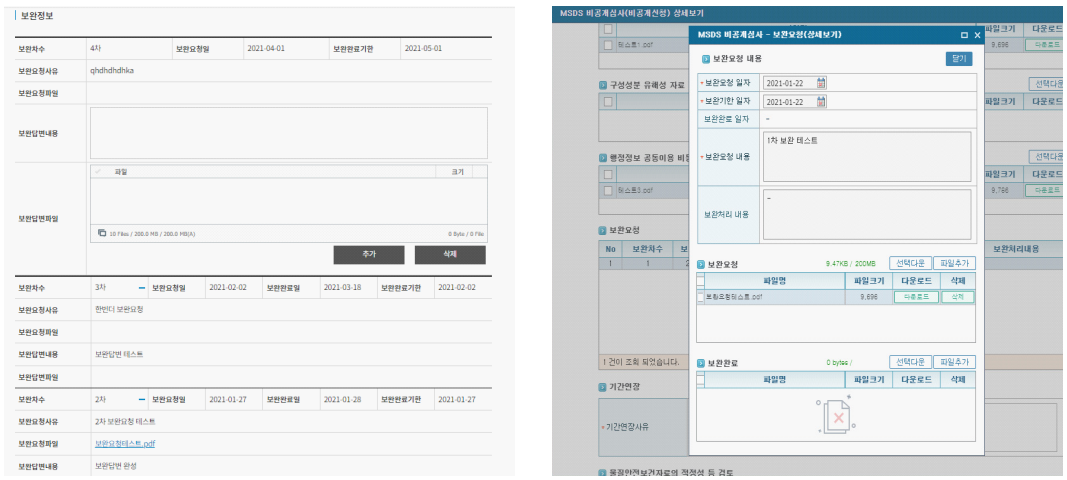
[그림6] MSDS 제출결과 목록 화면

비공개 승인 신청은 별도로 신청서를 작성·제출하는 대신에 제품 및 성분정보, 신청물질의 대체자료 등을 입력하고, 영업비밀 입증자료 및 MSDS 등의 자료를 파일로 첨부하게 되면 **자동으로 신청서가 작성·제출된다.**③ 신청 마지막 단계에서는 기업규모 및 연구개발용 여부에 따라 차등된 신청 수수료 금액이 화면으로 표출되며, 금액을 입금하면 신청접수가 완료된다.



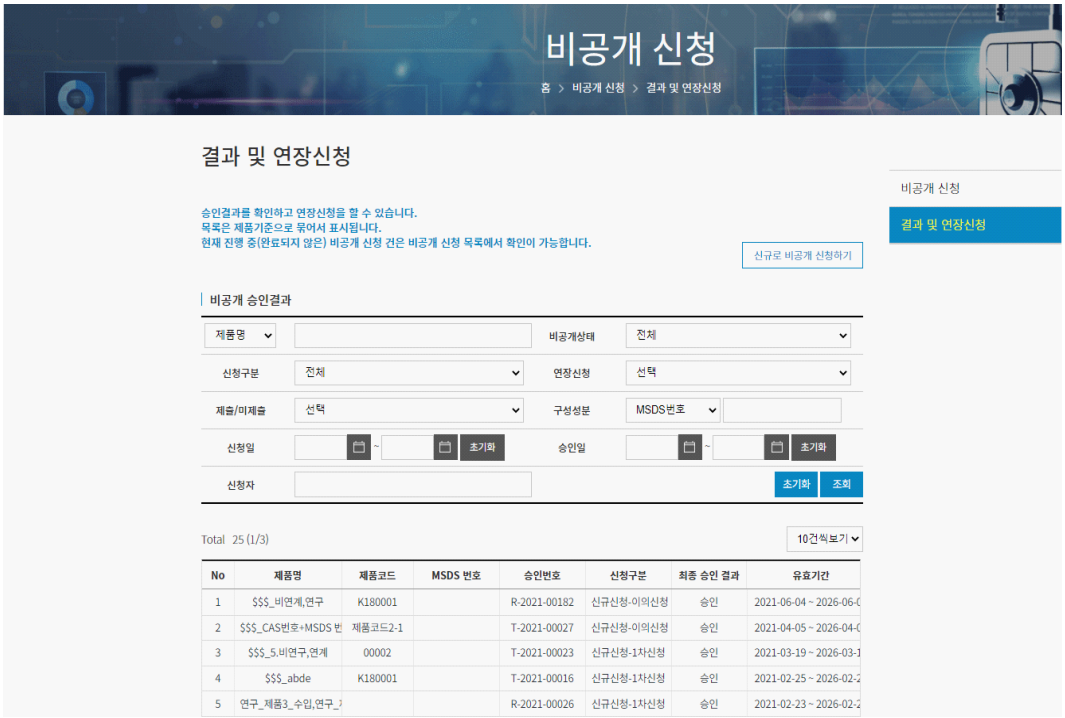
[그림7] 비공개 승인 신청 화면

심사과정에서 발생하는 보완/승인 등의 업무처리는 모두 시스템 내에서 진행되기 때문에 신청인은 **심사 진행과정을 상시 모니터링 할 수 있고,**④ 추후 연장신청 및 MSDS작성으로도 연계가 가능하다. 산업안전보건연구원의 심사자도 대체자료를 포함한 신청서 정보와 함께 영업비밀 입증자료 및 MSDS 등의 첨부 파일을 내부 화면을 통해 똑같이 확인할 수 있으며, 심사과정에서 발생하는 보완/승인 처리내용에 대해 신청인과 교신할 수 있다.



[그림8] 신청인과 연구원의 심사진행 화면

비공개 승인된 물질에는 승인번호 및 유효기간이 승인결과로 부여되며, MSDS 제출과 마찬가지로 언제든지 비공개 승인결과를 확인·집계할 수 있다.



[그림9] 비공개 승인 결과 목록 화면

MSDS 제출정보의 데이터화 및 활용 방안

MSDS는 기업, 정부, 학교 등 누구나 활용하고 있는 화학물질 정보전달용 매체로서, 정보전달 대상(제품), 주체(공급자정보) 및 정보(유해성, 구성성분의 명칭 및 함유량, 법적규제현황 등)를 포함하여 16개 항목으로 구성되어 있다. 그 중 구성성분의 명칭 및 함유량은 물질의 식별정보로서 MSDS가 전달하는 가장 중요한 정보중 하나이다. 국내의 경우 화평법에 따라 물질정보가 등록되고 심사·평가를 거쳐 물질단위 규제가 이루어지게 된다. 여러 물질이 혼합된 제품의 경우에도 규제대상 물질이 일정량 함유되어 있다면 물질과 동일한 규제를 받게 된다. 산업안전보건법(이하 산안법)도 금지/허가/관리/작측/특검대상 등 유해물질을 일정량 함유하고 있는 제품이라면 그 물질과 동일한 규제를 적용하므로, 물질에 대한 정확한 식별정보가 확인된다면 제품에 대한 규제도 확인할 수 있게 된다.

따라서 MSDS시스템의 두 번째 미션을 달성하는데 가장 선제적으로 해결되어야 하는 사항은 MSDS 제출정보가 제품/물질정보를 기준으로 데이터화 될 수 있는 데이터베이스세트로 구성되어야 한다는 것이다. 예를 들어, 한 가지 성분의 원료물질 MSDS가 제출되면, 먼저 식별정보(기준정보)인 MSDS번호와 CAS No.가 배치되고, 명칭, 유해성, 물리화학적 특성, 법적규제정보 등의

내용정보(할당정보)가 뒤이어 배치된다. 여러 원료물질이 혼합된 MSDS의 경우에도 같은 방법으로 식별정보에 이어 내용정보가 배치된다. 이때 식별정보는 원료정보와 제품정보를 연계시킴으로써 각각의 MSDS 제출정보를 비교·확인할 수 있게 해준다. 배치된 데이터는 입력/추출정보와의 일치, MSDS 항목별정보 조화, 참조DB와의 일치 등과 같은 클리닝과정을 거쳐 데이터의 정확성을 향상시킨다. 준비가 끝난 데이터베이스세트의 기본 골격은 다음과 같다.

[표1] MSDS 데이터베이스세트 기본구성

기준정보1	할당정보1	기준정보2	할당정보2
MSDS No.	제품명	CAS No.	물질명
	용도		물질특성
	공급자정보		독성값
	작성현황		환경특성
	제출일 등 제출정보		법적규제현황
	…		…

완성된 데이터베이스세트는 제조자(수입자)/제품/물질/유해성/용도 등 이용자별, 활용목적 및 검색조건별로 정보 추출을 가능하게 한다. 예를 들어, 국내 제품의 주요 제조자 및 수입자는 누구인지, 어떤 물질 및 제품에 발암성이 있으며, 유해성·위험성이 큰 제품은 주로 어떤 용도로 활용되는지, 같은 용도로 사용되는 제품 중 유해성·위험성이 상대적으로 낮은 제품은 무엇인지 등 데이터화된 정보들은 다양한 정보수요를 충족하게 한다. 이러한 추출정보는 MSDS시스템에서 정보포탈 등의 기능에 활용된다.

만약, 이용자가 원료 MSDS번호 또는 성분 CAS No.를 알고 있다면 정보연계-GHS 분류 등의 로직을 거쳐 MSDS 작성도 가능하다. 단, 분류되지 않은 성분정보 등은 반영되지 않으며, 비공개 승인 성분은 명칭 및 함유량 대신 대체자료가 표출된다.

제출정보는 산안법 내 화학물질관련 다른 데이터와의 연계 가능성도 시사하고 있다. 산안법 제125조에 따른 작업환경에서의 화학물질 노출데이터인 작업환경측정결과와, 노동자 인체영향결과인 특수건강검진결과의 유해인자 정보란에 MSDS번호가 기재된다면 데이터 연계도 가능할 것이다. 작업환경측정결과 데이터와 연계는 작업현장 및 노동자에 대한 노출평가를 더 정확하고 간편하게 할 것이며, MSDS에 첨부되면 유럽의 E-SDS(Extended safety data sheets)와 같은 전달되는 정보의 확장도 가능하다. 이에 더해, 특수건강검진결과 데이터와 연계되는 경우 노동자별 건강영향까지 한 눈에 볼 수 있는 화학물질노출데이터가 완성됨으로써 산안법 제36조 위험성평가의 완성도를 한층 높여줄 것으로 기대된다. 그 밖에 화학물질 정보가 필수로 요구되는

유해위험방지계획서 및 공정안전보고서 제출 및 과정에서도 기업과 정부의 동시 활용이 가능할 수 있다.

제출정보의 또 다른 활용 가능성은 고용노동부의 화학물질정책수립과 감독에 체계적인 근거를 마련해 줄 수 있다는 것이다. 기본적으로 MSDS 제출을 성실히 이행한 자와 그렇지 않은 자에 차별화된 감독을 수행함으로써 법적의무 이행을 유도할 수 있다. 또한, 화학물질 위해성을 저감하기 위한 대책으로 유사용도의 저유해성 물질을 제안하거나, 노출량을 희석·감소시키고 일부용도를 제한하기 위한 과학적인 정책근거를 제시·활용할 수도 있다.

MSDS시스템과 데이터베이스의 진로방향

MSDS시스템의 첫 번째 미션인 원활한 법규이행환경 조성은 물적(예산)·인적(개발자) 역량에 따라 단기간에 달성이 가능한 목표인 것처럼 보인다. 하지만 MSDS시스템은 법을 이행하는 자와 집행하는 자 사이의 유기적인 관계를 반영하여 불편해소를 위한 보완뿐만 아니라 변화에 대한 선제적인 보완까지도 고려해야 한다. 따라서 첫 번째 미션은 일시적인 것이 아니라 향후 문제발생을 최소화하는 방향으로 관리가 지속되어야 한다.

두 번째 미션인 MSDS 제출정보의 데이터베이스 구성과 활용시스템 마련은 쉽지 않은 목표이다. 먼저 언급한 바와 같이 MSDS 정보의 방대함과 다양성은 데이터화를 어렵고 도전적인 과제로 만드는 요인으로 작용하고 있으며, 국내외 제품정보 데이터화에 대한 선례가 거의 없기 때문에 많은 시행착오가 예상되기도 한다. 또한 섣부른 데이터화를 통한 연계는 데이터간 오염을 낳게 되고, 이들의 활용은 잘못된 결과로 확대될 수 있음을 감안해야 한다. 따라서 두 번째 미션은 다양한 이해관계자의 협력을 바탕으로, 장기적이고 구조적인 접근방식이 요구된다.

마지막으로 화학제품정보는 국내뿐만 아니라 국제 및 국외유통의 다양성과 국가별 화학물질 정보체계의 차이로 인해, 국내의 제한적이고 일방적인 정책만으로는 국내외 다양한 화학제품정보를 포괄하는 것은 많은 어려움이 따르게 된다. 따라서 현재 유통 중인 최신의 제품정보를 분석하고, 그 결과를 토대로 유동성이 고려된 정책이 마련될 때 그 활용가능성이 확대될 것으로 기대된다.

참고문헌

- 고용노동부고시 제2020-130호. 화학물질의 분류·표시 및 물질안전보건자료에 관한 기준
- 김신범, 김상헌, 조준희 등. MSDS 시스템 장기적 운영방안(로드맵) 마련 연구. 산업안전보건연구원 2020년 연구보고서 (2020-산업안전보건연구원-711)
- 김신범, 박상규, 김원 등. 화학물질정보 자원의 효율적 관리 방안 및 제공 방안 연구. 산업안전보건연구원 2019년 연구보고서 (2020-산업안전보건연구원-1474)
- 산업안전보건법(법률 제17326호) 제110조~제113조
- 화학물질의 등록 및 평가 등에 관한 법률(법률 제17326호)

OSH

RI:

VIEW

OSHRI : Brief

01. 마트노동자 근골격계질환 예방 가이드 마련에 관한 연구

02. 직독식장치와 센서 기술을 이용한 작업환경 모니터링 현황과 전망

03. 화학물질 취급 사업장 안전관리체계 개선 연구

04. 정량적 위험성평가(CPQRA)방법 도입 방안 마련 연구

05. 화학물질에 의한 면역성 질환의 AOP 적용 연구
– 직업성 폐질환을 중심으로 –

06. 인체피부모델을 이용한 산업화학물질의 피부자극성 분류 적용방안 연구

07. 난용성물질의 흡입노출 후 표적 부위 노출 확인 연구

OSHRI:Brief는 산업안전보건연구원의 주요 연구를 간략히 정리하여 소개합니다.

마트노동자 근골격계질환 예방 가이드 마련에 관한 연구

연구책임자
순천제일대학교
산업안전관리과 공학박사 김재호 조교수

연구상대역
산업안전보건연구원
직업건강연구실 류향우 부장

2019년 마트노동자 대상 근골격계질환 실태조사 결과에 따르면, 근골격계질환을 경험한 노동자가 69.3%로 조사되었으며, 이에 대한 단기적 해결방안으로 제품상자에 손잡이 설치 등이 있다. 상자 손잡이를 사용하면 약 10%의 무게 감소 효과를 보이고 이와 병행하여 작업 환경을 개선 할 경우 최대 약 40%의 무게 감소 효과를 보이며, 선진국에서는 관련 지침 등에 상자 손잡이에 대한 가이드라인이 제공되고 있다. 본 연구는 현재 사용되고 있는 다양한 제품의 포장 상자의 현황을 조사하고, 마트 현장 노동자 대상의 손잡이 선호도 조사 결과와 상자 손잡이 활용 생체역학적 인간공학평가의 종합적 분석을 통해 정량적 근거 기반의 인간공학적 상자 손잡이 설계를 위한 가이드라인의 개발을 목적으로 하고자 한다.

I. 서론

최근 5년간 근골격계질환자는 꾸준히 증가하고 있는 추세이며, 특히 과도한 중량물의 운반, 잘못된 자세 등이 신체에 과도한 부담을 주는 작업이 근골격계질환의 가장 큰 원인이다.

포장상자에 손잡이를 사용만 해도 약 10%의 무게 감소 효과를 보이며 병행하여 작업 환경 개선을 적절히 할 경우 최대 약 40%의 무게 감소 효과를 보인다는 결과가 다수 있다.

이에 상자 손잡이 설치의 필요성이 사회적으로 크게 대두되고 있으며, 현실적으로 적용할 수 있는 상자 손잡이 디자인 설계에 대한 연구가 필요하다. 특히 마트노동자들의 인력운반 작업을 개선하기 위하여 요구되고 있는 포장상자 손잡이 설치 가이드를 마련하여 마트노동자의 근골격계질환을 예방하고자 한다.

II. 연구내용

국내·외 선행연구 및 가이드라인 등 문헌 조사

- 국내·외 상자 손잡이 및 상자 활용 인력 운반 작업 관련 선행연구 분석을 통한 상자 손잡이 디자인 관련 벤치마킹 설계 대상을 발굴하였다.
- 국내·외 상자 인력운반작업 관련 안전작업지침 및 관련 매뉴얼 고찰을 통한 근골격계질환 예방 작업방법 및 상자 인력운반작업별 관련 관리사항과 준수사항 등을 제시하였다.
- 상자 손잡이 관련 설계 고려 요소 조사 및 인간공학적 개선사례 조사를 통한 상자 손잡이 설계 가이드 개발을 위한 생체역학적 실험 변인을 도출하였다.

마트 실태조사

(1) 마트 운용 포장상자 실태 조사

- 마트에서 취급하는 상자별 무게, 입수량 및 적용된 손잡이의 디자인 현황을 조사하였다.
- 유통 중인 제품 포장 상자의 손잡이 적용 실태 조사를 통한 손잡이가 적용된 제품군과 적용되지 않은 제품군을 분류하고 적용이 시급한 제품군을 도출하였다.
- 적용된 손잡이의 형태와 치수, 위치 등 조사를 통해 새롭게 적용할 상자 손잡이의 설계 변인의 수준에 대한 기준을 도출하였다.
- 국내 대형 마트 연간 매입수량 자료를 활용하여 손잡이 적용이 우선되어야 할 제품군을 도출하였다.
- 상자 손잡이 설계를 위한 인간공학적 실험의 독립변인 및 수준 도출에 활용한다.

(2) 상자 손잡이 선호도 조사

- 상자 인력운반 작업을 수행 중인 마트 현업 노동자를 대상으로 하였다.
- 설문조사를 통한 다양한 손잡이 디자인에 대하여 현업 노동자가 가장 선호하는 상자 손잡이 우선순위를 도출하였다.
- 손잡이의 형태, 위치, 각도 등 다양한 손잡이 디자인에 대한 상자 인력운반 작업에서의 노동자의 선호도를 계층적분석과정(Analytic Hierarchy Process, AHP)을 통해 체계적으로 순위를 도출하였다.
- 상자 손잡이 선호도 조사를 통해 상자 손잡이 설계를 위한 인간공학적 실험의 독립변인 및 수준 도출에 활용한다.

동작분석시스템을 활용한 상자 들기 동작의 생체역학적 인간공학 실험 및 결과분석

- 상자 들기 동작의 생체역학적 인간공학 실험은 손잡이 적용 상자에 대한 최적의 범위를 산출하고 평가하고자 하는 실험이다.
- 상자 인력운반 작업에 대한 근골격계질환 예방을 위한 인간공학적 상자 손잡이의 적정 범위 도출을 위한 평가를 위하여 정량적 생체역학적 평가를 시행하였다.
- 들어올리기/내려놓기 동작에 대한 운반 작업자의 생리적 신호를 수집/분석하여 불편하거나 힘든 동작을 파악하고, 들어올리기/내려놓기 동작으로 인한 신체적 부하 정도로서 관절 모멘트(Joint moment)에 대한 정량적인 데이터를 측정하였다.
- 상자의 중량, 손잡이 형태, 손잡이의 위치 및 각도, 손잡이 유무 등을 독립변인으로 하여 손잡이 설치 시 고려해야 할 설계 범위를 도출하였다.

상자 손잡이 설치에 관한 가이드라인 개발

- 상자 손잡이의 한국 노동자에 적합한 한국형 인간공학적 설계 가이드라인를 마련하였다.
- 손잡이 설치가 적합한 상자의 중량, 부피 기준의 적정 범위를 제시하였다.
- 손잡이 설치가 불가능한 상자에 대한 인력운반 작업 시 활용 가능한 보조도구와 작업 준수 사항 등을 제시하였다.

결과

본 연구는 마트 포장상자 실태조사 결과와 손잡이 선호도 조사, 생체역학적 실험의 결과를 바탕으로 포장용 상자 손잡이의 인간공학적 설계 가이드라인을 개발하였다.

현행 설치되어 유통되는 포장 상자의 손잡이 적용 여부를 조사하여 우선 적용되어야 할 제품군을 도출하고, 이에 따른 상자 손잡이의 인간공학적 형태와 배열적 위치, 설치 각도 등의 디자인적 요소에 대한 생체역학적으로 인체 부하가 최소화되며 노동자가 가장 선호하는 상자 손잡이의 인간공학적 설계 가이드라인을 마련하였다. 또한 내용물의 종류와 포장 상태의 특성상 손잡이 설치가 부적합한 포장 상자에 대한 인력 운반작업시 활용 가능한 보조도구와 작업 준수 사항 등을 제안하였다.

현장 실태조사를 통하여 마트에서 취급하는 상자의 중량, 길이, 너비, 높이, 손잡이 분포에 대하여 분석하였다.

대형마트 3개 지점에서 유통되는 117개의 포장상자에 대해 조사하였으며, 포장 상자의 평균 중량은 11.4 kg, 상자의 평균 치수는 길이는 430 mm, 너비 315 mm, 높이 285 mm로 나타났다. 조사 결과 전체 조사한 상자 중 약 30% 상자에 손잡이가 적용되어 있었다. 특히 음료 및 주류 제품의 포장 상자에 손잡이가 주로 설치되어 있었으며, 대부분의 상자에 적용된 손잡이의 형태는 타원형 형태의 손잡이가 주류를 이루었다.

손잡이 선호도 조사를 수행하여 49명의 마트노동자들이 선호하는 손잡이의 형태, 각도, 위치를 선별하였다. 손잡이 선호도 조사 결과 마트노동자들은 손잡이가 있는 포장용 상자를 절대적으로 선호하였다. 손잡이 형태에 대해서는 일반 타원형 손잡이와 곡선형 손잡이를 선호하는 것으로 나타났으며, 손잡이의 배열적 위치는 중/상, 손잡이의 각도는 0˚/15˚를 선호하는 것으로 나타났다.

특히, 상자의 측면의 중앙에 위치하며 0˚의 손잡이를 선호하는 것으로 나타났다.

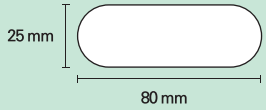
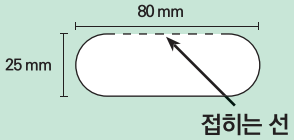
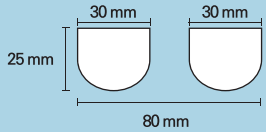
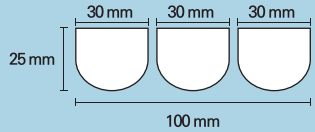
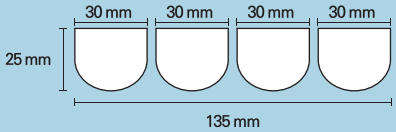
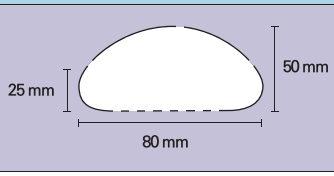
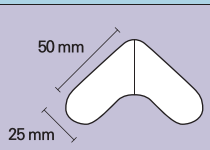
이러한 연구 결과를 바탕으로 생체역학 실험의 변수 및 수준을 디자인하였으며 동작분석시스템, 지면반력기를 활용하여 8명 피실험자의 신체 부하 데이터를 수집하였다. 손잡이를 활용하여 상자 들기 작업 시 손잡이를 활용하지 않을 때보다 약 10%의 허리 굽힘 모멘트가 줄어들어 허리의 부하가 감소하는 효과를 보였다. 또한 내리기 작업 시 손잡이를 사용하면 무게 차이에 의한 허리 부하가 완화되어 약 7 kg의 무게 감소 효과를 보이는 것을 알 수 있었다.

따라서, 상자의 무게가 증가할수록 손잡이에 대한 허리 부하 감소 효과가 증가하기 때문에 손잡이를 무거운 상자에 우선적으로 적용할 것을 제안할 수 있다.

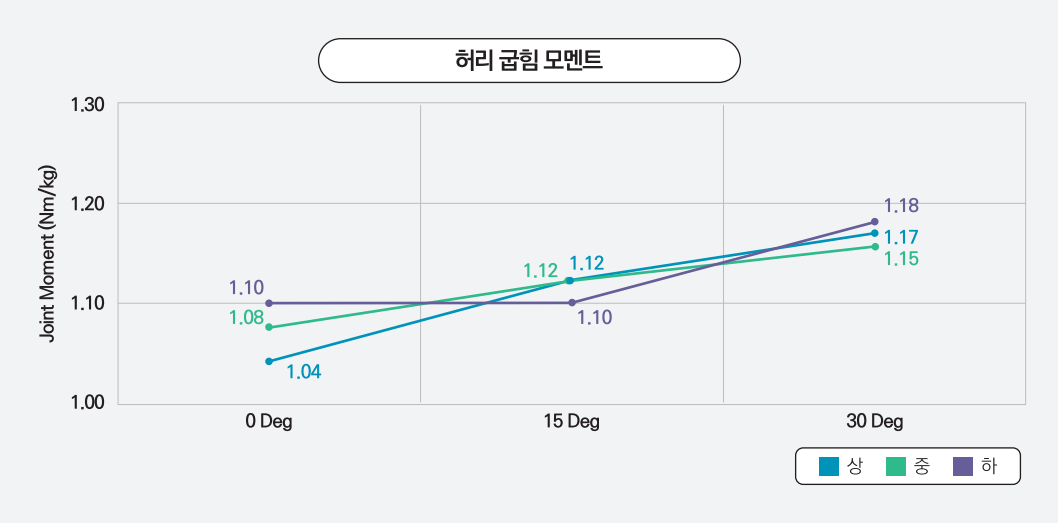
손잡이의 형태별 차이에 대한 인체 부하정도를 보았을 때, 손잡이의 형태간의 허리 굽힘 모멘트의 차이가 0.1 Nm/kg 미만으로써 손잡이 형태 간 허리 부하의 차이가 보이지 않으며, 손목 자세 측면에서는 타원형의 손잡이인 일반 2 손잡이의 손목 굽힘 각도와 틀어짐 각도가 곡선 형태의 손잡이에 비하여 작게 측정되었다.

따라서, '일반 2 〈 일반 1 〈 곡선' 형태의 순서로 인체 부하가 적게 나타나는 것을 알 수 있다.

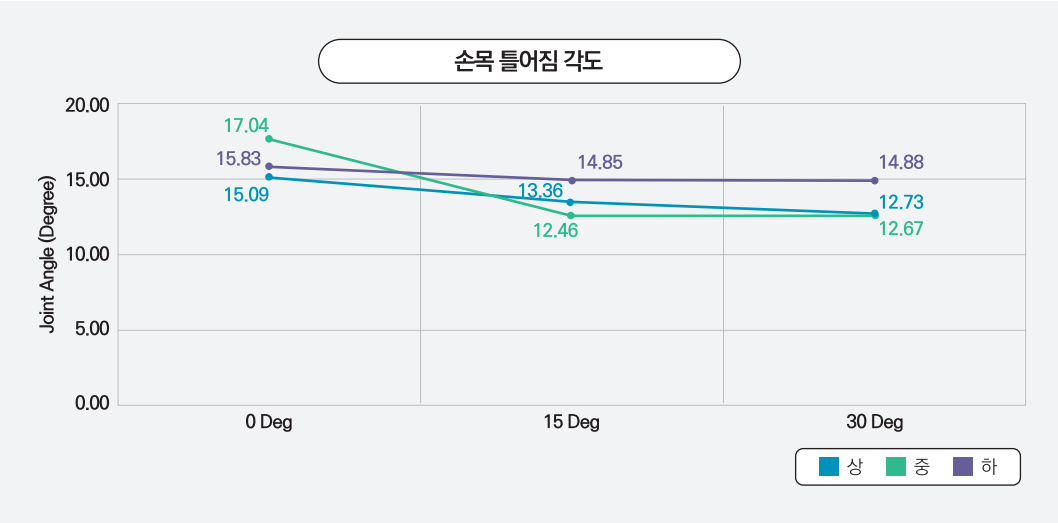
[표1] 선호도 조사에 활용된 손잡이의 종류

형태별 분류	손잡이의 형태	
Conventional Hand hole		
	일반1	일반2
특징	포장용 상자에 적용되어 유통되는 대부분의 손잡이의 형태로 상자에 구멍이 뚫려 있는 형태(일반1)와 손잡이의 측면부와 아랫면부만 절개하고 윗면은 남겨두어 제품 보관 시 이물질의 유입을 방지하고, 손잡이 그립 시 접촉면의 스트레스를 최소화하여 안정감을 주는 형태(일반2)	
Fingers hole		
	2구멍	3구멍
		
	4구멍	
특징	수입 과일 포장용 상자에 적용되어 유통되고 있는 손잡이의 형태로 원/반원 형태의 구멍이 뚫려 있음	
Arc hole		
	곡선1	곡선2
특징	상자의 적재 하중에 대한 압축 스트레스에 대응하기 위한 형태로써, 손잡이의 상부에서 하부로 갈수록 넓어지는 형태를 적용하여 하중이 분산되도록 함	

손잡이의 위치와 각도의 교호작용에 대한 인체 부하 정도를 비교해보면, '상 × 0 Deg'와 '중 × 0 Deg' 조합의 손잡이가 다른 조합에 비하여 상대적으로 허리에 부담을 덜 주는 것을 알 수 있으며 손목 자세 측면에서는 손잡이의 각도가 30˚ 적용 된 손잡이에서 손목 굽힘 각도와 틀어짐 각도가 대체적으로 작게 나오는 경향을 보였다.



[그림1] 위치×각도 조합에 대한 허리 굽힘 모멘트



[그림2] 위치×각도 조합에 대한 손목 틀어짐 각도

손잡이의 각도가 적용되며 손잡이의 위치가 하부에 있을수록 손목 굽힘 각도와 틀어짐 각도가 작지만, 손목의 자세 측면에서 보면, JSI HWP(Job Strain Index Hand/Wrist Posture) Index 점수는 모든 조합에서 4점으로 평가되어 중립자세에 가까운 'near neutral'로 평가 되어 손목 각도의 측정값에 대하여 큰 부하가 없는 것으로 보여 진다.

따라서 상자 손잡이에 대한 인체 부하 측면에서 허리 굽힘 모멘트의 결과와 손목의 굽힘 각도와 틀어짐 각도의 결과만으로 인간공학적 상자 손잡이의 설계 기준을 정리하는 것에는 무리가 있다. 이에 따라, 생체역학적 실험의 정량적 인체 부하 결과와 현장의 마트 노동자가 선호하는 손잡이의 형태와 조합의 우선순위를 조사한 정성적 선호도 결과를 종합적으로 평가하는 것이 필요하다.

III. 결론 및 정책제언

본 연구의 결과를 통해 현행 대형 마트 현장에서 가장 많이 취급되는 제품 상자에 대한 손잡이 형태, 크기, 위치, 각도 등의 요소에 대한 설계 가이드라인 마련에 대한 기초자료로써 활용 가능할 것으로 기대된다.

하지만 상자 손잡이 가이드라인의 현장 적용성을 극대화하기 위해서는 다양한 각도에서의 접근과 노력이 필요할 것이다. 상자 손잡이에 대한 현장 적용의 목적을 달성하기 위하여 제품의 유통과 관련된 다양한 이해당사자간의 합의 과정이 필요하며, 자발적 기업 주도적 형태로 손잡이 적용이 이루어져야 할 것이다. 또한 국내 시장 환경에 맞춘 적절한 정부의 규제 등 제도화 방안이 마련되어야 할 것이다.

마트노동자의 근골격계질환 예방을 위한 단기적 개선 방안으로 상자 손잡이의 적용이 필요하며, 상자에 포장되는 제품의 입수량 조정 등을 통한 상자 중량 감소를 위한 포장 단위 개선과 현재 농산품류 제품에서 시행되고 있는 포장 규격 표준화 등의 노력이 필요할 것이다.

손잡이의 적용이 불가능한 상자의 인력물자 취급에 대해서는 작업 환경 및 작업 관리적 측면의 개선과 마트 현장에 적용 가능한 운반 보조도구의 개발 등의 추가적 연구가 수행되어야 할 것이다. 또한 중량물 취급 시 최대 허용중량을 초과하는 중량물에 대한 인력물자취급의 금지 및 보조도구 활용 등을 포함한 중량물 취급에 대한 사항 등을 포함하는 산업안전보건법의 개정 등 제도화 방안의 마련이 필요하며, 현장의 지속적 이행을 위한 행정적 관리가 필요할 것으로 생각된다.

직독식장치와 센서 기술을 이용한 작업환경 모니터링 현황과 전망

연구책임자
창원대학교 생명보건학부
하권철 교수

연구상대역
산업안전보건연구원
직업환경연구실 김세동 과장

작업장의 노동자들에게 노출되는 유해인자를 평가하는 가장 기본적인 방법 중 하나는 작업환경측정이다. 최근에는 전통적인 실험실 분석방법을 통하지 않고 작업환경을 측정할 수 있는 새로운 화학물질 센서 기술과 직독식장치(실시간 감지 시스템, Real Time Detection System, RTDS)로 작업시간동안 노출되는 유해인자의 단순 노출평가 뿐만 아니라 실시간 모니터링이 가능한 수준으로 발전하고 있다. 본 연구에서는 이러한 센서 및 직독식장치에 대한 현황 및 활용사례를 조사하고 작업환경측정 제도에 적용 가능성을 검토하였다.

I. 서론

RTDS는 전통적인 실험실 측정 및 분석방법에 비해 낮은 비용과 전문성이 요구되는 반면에 실시간으로 유해인자의 농도를 알 수 있어 작업환경관리에 더 효과적인 방법이 될 수 있다. 향후 사물인터넷 기술(Internet of Things)과 융합 시 미래의 작업환경 모니터링 기법으로써 더욱 높은 가치가 있을 것이다. 본 연구에서는 발전된 센서 기술과 직독식장치 기술의 현황 및 활용 사례를 파악하여 계속해서 발전하고 있는 기술에 대한 환경변화에 대응하고 국내 작업환경측정제도에 RTDS 기술의 적용 가능성을 검토하기 위해 실시하였다.

II. 연구내용

센서에 대한 국가별 동향

세계 대기오염 측정 및 RTDS 시장은 2006년부터 2010년까지 143억 달러에서 227억 달러까지 증가하였으며 평균성장률은 12%로 그 중 에어로졸이 포함된 오염물질 모니터링 분야는 매우 중요한 분야로 보고되었다. 미국은 국가나노기술전략 계획의 일환으로 나노센서를 주요 분야로 연구하고 있으며, 유럽은 공동연구 조직 ECA를 만들어 실내공기오염 문제와 관련된 센서 연구를 진행하고 있다. 또한 미국산업위생학회에서는 센서를 활용하여 유해인자를 평가할 수 있는지 살펴보는 책을 출간 하였으며(2016), RTDS로 노출기준 초과여부를 판단할 수 있도록 돕는 백서를 발간하였다(Siegel et al., 2019). 우리나라의 경우 2015년 「화학물질 등록 및 평가 등에 관한 법률」 및 「유해화학물질관리법」과 관련하여 화학물질 감지센서에 대한 수요가 증가하고 있다.

화학적 유해인자 센서

화학적 유해인자는 일반적으로 에어로졸, 증기 및 가스의 형태로 모니터링 되며, 그 중 대부분은 가스 상태로 측정된다. 가스상 물질용 센서는 국내를 비롯한 미국, 캐나다, 영국, 일본, 중국에서 개발 및 활용되고 있으며, 우리나라의 경우는 수입 의존도가 매우 높은 상황이다. 센서 기술의 대표적인 동작 원리는 크게 4가지 종류로 분류할 수 있으며, 이 외에도 다양한 종류의 센서가 개발되고 있다.

[표1] 기술방식에 따른 센서 특징

구분	전기화학식	접촉연소식	반도체식	광학식
동작원리	가스와의 반응에 의한 전극간의 기전력 변화	가연성 가스와의 발열 반응에 의한 열선의 저항 변화	가스와의 반응에 따른 금속산화물의 저항 변화	가스에 의한 적외선 흡수도 변화
대표 감지가스	CO, CO_2, O_3, SO_2, NO, NO_2, VOC	가연성 가스 (H_2, CH_4, C_3H_8, C_4H_{10} 등)	CO, NO_2, SO_2, H_2S, VOC(알콜, HCHO 등)	CO, CO_2, NO_2, NO, SO_2, O_2, CnHn
감지가스 선택성	중	하	하	상
민감도	상	하	상	중
반응시간	빠름	중간	빠름	느림
소모전력	중	대	중	저
가격	저	저	저	고
크기	소형	중형	소형	대형
활용제품	산소가스센서(갈바닉 방식), 유독가스센서 (정전위 전해방식)	가연성가스 경보기	반도체식화학센서 (소결형, 박막형, 나노 구조형)	이산화탄소측정기 (NDIR방식)

산업안전보건법 상 규제대상 물질별 상용 센서는 [표2]와 같으며 전체 노출기준 설정 물질은 731종 중 114종(약16%), 작업환경측정대상 물질은 215종 중 114종(약 53%)까지 모니터링이 가능할 것이다.

[표2] 개발된 화학센서와 산업안전보건법상 유해인자 관리 물질

	구분	노출기준설정대상 유해인자(731종)	STEL/C (179종)	허용기준설정대상 유해인자(40종)	작업환경측정대상 유해인자(215종)	특수건강진단대상 유해인자(189종)
화학 센서	센서	114	114	24	114	94
	상업용	83	83	19	83	69
	연구용	20	20	2	20	17
	공통	11	11	3	11	8
	구분	제조등 허가물질(12종)	제조등 금지물질(7종)	관리대상 유해인자(185종)	특별관리 물질(39종)	
	센서	1	1	111	24	
	상업용	1	1	81	21	
	연구용	0	0	19	3	
	공통	0	0	11	0	

센서 및 직독식장치 활용 관련 국내외 사례 조사

(1) 반도체 제조업의 사례

반도체 산업의 웨이퍼 제조 및 가공, 칩 조립 등 공정에서 사용하는 화학물질의 종류만 100종 이상이다.

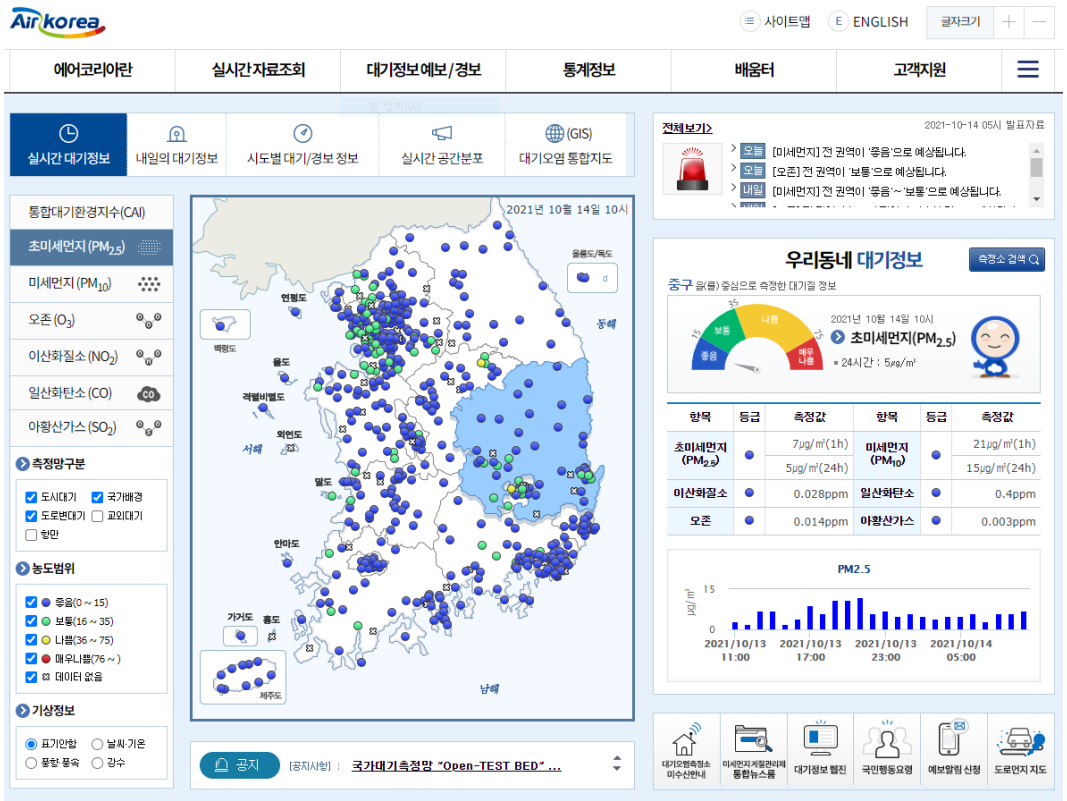
많은 종류의 화학물질을 사용하기 때문에 상시적 가스누출 감지시스템을 설치하여 근로자의 안전, 재산 보호, 법적 규제를 지키기 위한 모니터링 등을 실시하고 있다.

(2) 밀폐공간에서 활용하는 사례

밀폐공간 질식재해 예방을 위해서 RTDS를 사용하여 산소 농도 및 유해가스(CO_2, H_2S 등) 농도를 측정하여 적정 공기가 유지되고 있는지 활용하고 있다. 미국 OSHA에서는 밀폐공간 출입 시 다중-가스측정기를 사용토록 하고 있다.

(3) 환경보건분야에서 공기질 측정에 활용하는 사례

한국환경공단 에어코리아 실시간 대기 정보 시스템, 케이웨더 실내환경 모니터링 기기 에어가드K, US EPA(미국 환경보호청)의 대기환경지수 정보 등 각 국가별 실내공기질 및 대기환경측정에 영향을 끼치는 물질의 측정에 각종 센서가 사용되고 있다.



[그림1] 한국환경공단에서 제공하는 대기 환경기준물질에 대한 대기 오염도 표시의 예시

출처 | www.airkorea.or.kr

(4) 대기 및 수질 환경 분야에서 활용하는 사례

대기환경보전법에 따라서 배출시설의 오염물질이 배출 허용기준에 적합한지 확인하기 위하여 측정기기를 부착하고 있으며, 대표적으로 울산 온산산단 및 여천 산단의 사업장 굴뚝에 자동측정기를 설치하여 측정 결과를 의무적으로 공개하는 사례가 있다. 또한, 일부 물 관리 사업소에서는 수질 자동측정기를 설치하여 실시간으로 수질 측정값을 공개하고 있다.

[그림2] 수질자동감시시스템 체계

출처 | www.seongnam.go.kr/waterinfo/waterURL/sub01.do

작업환경측정 적용 가능성 검토

(1) RTDS와 작업환경측정

작업환경측정은 특정 유해인자에 대해서 최고농도 노출평가, 단시간 노출평가, 1일 8시간 기준 작업시간 동안의 시간가중 노출평가를 실시하는 프로세스라고 할 수 있다. 이를 노출기준과 비교하여 허용가능한 수준인지를 판단한다. RTDS를 활용한다면 시간대별 노출 양상을 더욱 세분화하여 세밀하게 판단할 수 있게 되고, 노출수준 저감을 위한 실시간 대응이 가능하게 된다. 또한 현재까지 개발된 RTDS 기술의 피크노출을 활용한다면 단시간 노출평가 및 최고노출수준 평가 시 발생하는 기술적인 어려움을 극복할 수 있을 것으로 판단된다. 그럼에도 불구하고 작업환경측정에 RTDS를 즉시 활용하기에는 일부 제한점들이 있다. 우선 측정대상 유해인자에 대한 충분한 민감도와 특이도가 확보되어야 할 것이다. 그리고 피크노출 특성이 고려된 노출지표 표준화 및 실시간 모니터링으로 파악할 수 있는 실시간 노출 기준과 모니터링 자료 평가 방법에 대한 연구가 추가적으로 필요할 것이다. 마지막으로 유해인자 유형, 센서 유형, 성능 사양, 작동 사양, 판독 사양, 간섭 사양 등 RTDS의 선택 기준이 제시되어서 신뢰성을 확보해야 할 것이다. 이러한 제한점들이 극복된다면 RTDS의 장점인 피크노출을 이용하여 단시간 노출평가 및 최고노출기준 평가가 필요한 유해인자에 대하여 작업환경측정 시범사업을 실시하고 단계별로 확대해 나갈 수 있을 것이다.

(2) 산업안전보건법 검토

작업환경측정의 방법, 분석방법, 측정자의 자격, 주기 및 횟수 등 세부적인 사항은 산업안전보건법 및 고용노동부 고시로 정하고 있다. RTDS를 활용하기 위해서는 현행 법의 일부 내용이 재검토되거나 개정될 필요가 있을 것이다. 대표적인 예시는 [표3]와 같다.

[표3] 산업안전보건법 및 고용노동부 고시 개정안

현행(시행규칙)	개정안
제189조(작업환경측정방법) ① 사업주는 법 제125조제1항에 따른 작업환경측정을 할 때에는 다음 각 호의 사항을 지켜야 한다.	제189조(작업환경측정방법) ① 〈현행과 같음〉
3. 모든 측정은 개인 시료채취방법으로 하되, 개인 시료채취방법이 곤란한 경우에는 지역 시료채취방법으로 실시할 것. 이 경우 그 사유를 별지 제83호서식의 작업환경측정 결과표에 분명하게 밝혀야 한다.	3.----------**지역 시료채취방법 등으로**---------- ----------

현행(작업환경측정 및 정도관리 등에 관한 고시)	개정안
제2조(정의) ① 이 고시에서 사용하는 용어의 뜻은 다음 각호와 같다. 〈신 설〉	6. '직독식측정방법'이란 시료공기를 직접 감지할 수 있는 검지관 방식의 장치, 직독식 장치 또는 센서가 있는 장치를 사용하여 해당물질을 측정하는 방법을 말한다.

현행(작업환경측정 및 정도관리 등에 관한 고시)	개정안
제3절 가스상 물질 제23조(측정 및 분석방법) 규칙 별표 21의 작업환경측정 대상 유해인자 중 가스상 물질의 경우 개인시료채취기 또는 이와 동등 이상의 특성을 가진 측정기기를 사용하여 제2조제1항제1호부터 제5호까지의 채취방법에 따라 시료를 채취한 후 원자흡광분석, 가스크로마토그래프분석 또는 이와 동등 이상의 분석방법으로 정량분석하여야 한다.	제3절 가스상 물질 제23조(측정 및 분석방법) 규칙 별표 21의 작업환경측정 대상 유해인자 중 가스상 물질의 경우 개인시료채취기 또는 이와 동등 이상의 특성을 가진 측정기기를 사용하여 제2조제1항제1호부터 제5호까지의 채취방법에 따라 시료를 채취한 후 원자흡광분석, 가스크로마토그래프분석 또는 이와 동등 이상의 분석방법으로 정량분석하여야 한다. **다만 단시간 노출기준(STEL) 또는 최고노출기준 (Ceiling, C)이 설정되어 있는 물질은 직독식측정방법을 활용할 수 있다.**

III. 결론 및 정책제언

현재 개발되었거나 연구되고 있는 센서의 RTDS 종류는 매우 다양하며, 수백 종에 이르는 것으로 확인되고 있다. 수백 종의 센서 중 작업환경측정 대상 유해인자를 측정할 수 있는 센서는 총 114종이다. RTDS 기술은 계속해서 발전해가고 있으며 전통적인 작업환경측정 대비 실시간 모니터링의 가능성 등 여러 가지의 장점을 가지고 있다. 이러한 기술을 작업환경측정 분야에 적용하기 위해서는 첫 번째로 기존의 시간가중평균 노출기준, 단시간 노출기준, 최고농도 노출기준과 같이 RTDS의 피크노출값으로 비교할 수 있는 새로운 노출기준에 대한 접근이 필요하다. 피크노출을 이용한 노출지표에 대한 논문들을 살펴보면 피크의 강도, 시간, 시간당 발생률 등 다양한 지표들에 대한 연구가 이루어지고 있다. 노출지표의 표준화가 필요할 것이다. 두 번째로 센서 및 측정값에 대한 신뢰성을 제고할 수 있도록 센서의 성능을 평가하고 계속해서 진화하는 센서 기술 및 데이터를 해석할 수 있는 표준화된 지침이 필요할 것이다. 별도의 "센서성능평가센터" 기관을 설립하여 센서기술의 성능을 평가하고 선택할 수 있도록 가이드를 제공하는 방법이 있을 것이다. 세 번째로 RTDS 기술이 준비되었을 때 현장에서 선택받고 사용될 수 있도록 관련 법령이 뒷받침 되어야 한다. 우리는 노동자의 안전한 작업환경을 위해서 RTDS 기술을 활용한 노출평가가 가능하도록 더욱 더 합리적이고 과학적으로 이루어질 수 있는 프로세스를 구축하는 등의 준비를 해야 할 것이다.

본 연구과제는 창원대학교 생명보건학부(연구책임자 하권철 교수)에서
수행한 연구과제를 요약·정리하였습니다.

화학물질 취급사업장 안전관리체계 개선 연구

연구책임자
한국교통대학교 안전공학부
백종배 교수

연구상대역
산업안전보건연구원
산업안전연구실 서동현 연구위원

화학물질 취급사업장의 업종과 규모, 사용량 및 생산시설의 종류, 공정특성 등 사업장 특성을 고려하지 않은 일방적 제도 적용에 따른 문제점 개선 요구가 지속적으로 제기되고 있다. 이에 따라 우리나라의 화학물질 취급사업장의 특성을 분석하였고, PSM제도 운영과 관련된 실태와 문제점을 설문조사, 포럼 등을 통하여 분석하였다. 그리고 외국 PSM제도의 규제 형태와 구성요소에 대한 비교·분석을 통해 우리나라 실정에 맞는 차별화된 규제 기준이 될 수 있는 위험도 분류법을 제시하였다. 또한 이러한 규제 차별화 전략에 맞춘 PSM 작성·심사·이행평가와 관련된 개선안과 PSM 교육제도 및 화학물질 취급작업 시 적용 가능한 작업계획서의 활성화 방안을 제시하였다.

I. 서론

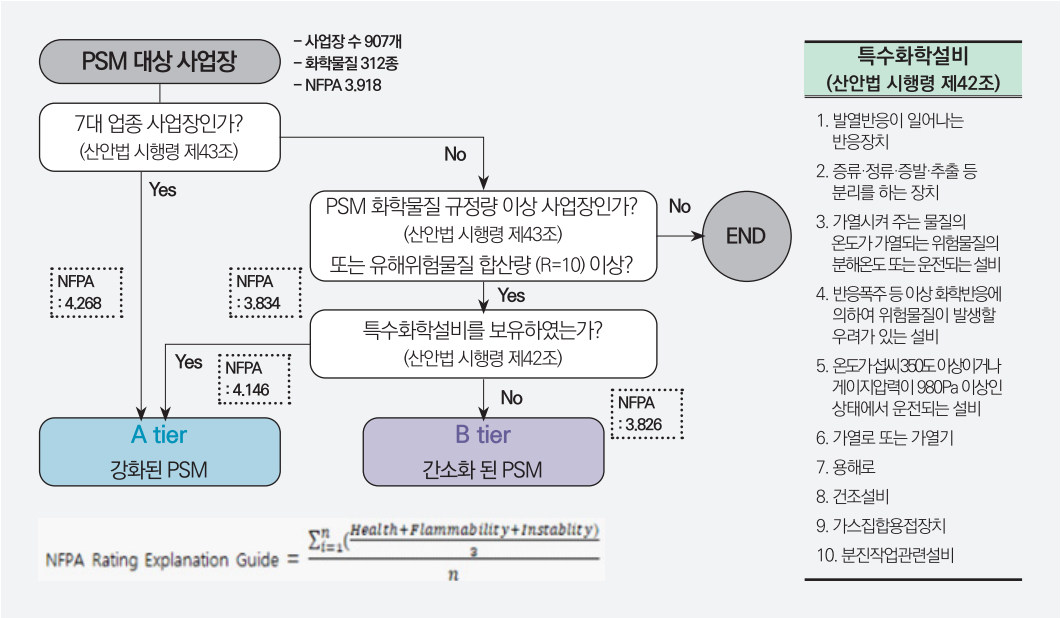
우리나라는 1990년 화학설비 유해위험방지계획서 실시, 1995년 공정안전관리제도 시행, 2005년 공정안전보고서 이행상태평가제 도입 및 2014년 공정안전보고서 제출대상 확대 등 1990년대 이후 중대산업사고를 예방하기 위해 다각적으로 노력하였다. 그러나 최근 화학공장 촉매 포장실에서의 폭발·화재 사고, NCC 분해가스 압축공정 폭발사고, 스티렌모노머 유출사고 등과 같은 중대산업사고는 공정안전관리(Process Safety Management, PSM)제도의 예방한계를 보여주었다. 그리고 화학물질 취급사업장의 업종과 규모, 사용량 및 생산시설의 종류, 공정특성 등 사업장 특성을 고려하지 않은 일방적 제도 적용에 대한 개선의 필요성이 지속해서 제기되고 있으며, PSM 관련 업무 종사자에 대한 교육이 재해예방으로 이어질 수 있도록 하기 위한 교육의 실효성 확보도 시급한 과제로 대두되고 있다. 이와 같은 국가의 정책적 개입의 당위성과 방법론의 문제는 관련 정책이 시작된 이래 지속적으로 제기되어 왔다. 따라서 본 연구에서는 화학물질 취급사업장의 위험관리를 위한 제도의 문제점을 분석하고 개선점을 제시함으로써 국가가 화학물질 취급 사업장의 안전을 위해 합리적으로 개입할 수 있는 방안을 도출하고자 하였다.

II. 연구내용

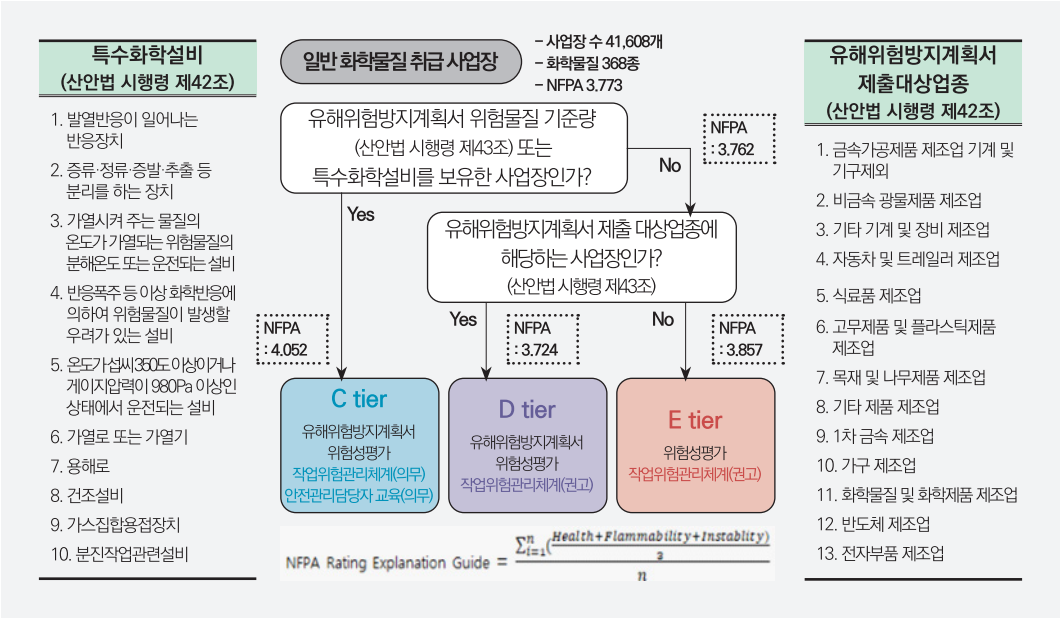
화학물질 취급업체의 위험 특성에 따른 규제 차별화 전략

2019년 작업환경실태조사 결과에서 화학물질을 취급하는 사업장으로 확인된 전체 사업장에 대하여 물질의 위험특성 등을 고려하여 위험도(NFPA 등급)를 분석하였다. [그림1]의 분석 결과에서 현재 PSM 대상 사업장으로 분류된 7개 업종과 특수화학설비를 보유한 사업장의 위험도가 상대적으로 높게 나타났다. 이에 따라 PSM 대상인 7개 위험 업종은 A등급으로, PSM 대상 유해·위험물질을 규정량 이상 취급하는 사업장 중 특수화학설비를 보유한 사업장에 대해서는 B등급으로 구분하여 차별화된 PSM 제도를 통해 관리할 필요

성이 있는 것으로 판단되었다. 이 사업장은 공정안전보고서의 심사 및 확인, 이행상태평가, 등급관리까지도 필요할 것으로 판단되었다. PSM 대상이 아닌 일반 화학물질 취급사업장은 특수화학설비 보유 여부, 유해위험방지계획서 제출 대상 여부, 법에서 정하는 유해·위험물질의 취급 여부 등을 고려하여 위험도 등급을 구분하고 차별화 방안을 [그림2]로 도출하였다. 이렇게 분류한 등급에 따라 제안한 차별 규제방안은 [표1]과 같다.



[그림1] PSM 대상 사업장 위험도 분류 방안



[그림2] 화학물질 취급 일반 사업장 위험도 분류 방안(PSM 대상 제외)

공정안전보고서의 작성, 제출, 심사, 확인, 평가 및 등급관리 재정립

공정안전관리제도의 개선방안을 도출하기 위해 공정안전보고서 작성에서 이행상태평가까지의 단계에 대해 외국 제도와 비교·분석하였다. 미국의 PSM, 영국의 COMAH에 대한 검토를 통해 국가별 PSM 구성요소 및 PSM 운영의 차이를 표 2와 같이 제시하였다. 영국과 미국의 공통적인 요소는 공정안전자료, 공정위험성평가, 근로자 교육, 자체감사였다. 그리고 전체 요소는 공정안전자료, 공정위험성평가, 안전운전절차, 설비검사 및 보수유지계획(Mechanical Integrity), 안전작업허가, 근로자 교육, 변경요소 관리, 자체 감사, 비상조치계획 등 9개로 정리되었다. 이러한 분석 결과를 토대로 국내의 PSM 사업장 중 A-tier로 구분되는 사업장은 현행 12개의 구성요소에 공정안전문화평가(공정안전지표관리)를 추가할 것을 제안하였고, B-tier로 구분되는 사업장은 8개(또는 9개)의 PSM 핵심 구성요소에 도급업체 안전관리를 추가할 것을 제안하였다.

[표1] 화학물질 취급사업장 분류 및 규제 차별화 방안

분류 기준	대상	규제 차별화 방안	비고
A tier	PSM 적용 대상 중 7개 위험업종 + 유해위험 방지계획서 대상 특수화학설비 보유 사업장	현재 PSM 제도를 보완하여 유지	PSM 대상 중 / 위험도 고
B tier	PSM 적용 대상으로 규정량 적용 대상 중 특수화학설비 미보유 사업장	PSM 12개 요소 중 간소화하여 최소 7개 요소* 적용 + α (사업장 업종 특성에 맞게 추가), 심사·확인(이행상태평가, 등급관리 제외)	PSM 대상 중 / 위험도 중
C tier	화학물질 취급사업장으로 위험물질**을 기준량 이상으로 사용하거나 특수화학설비, 용해로, 건조설비, 가스집합용접장치, 분진작업 관련 설비를 보유한 사업장	유해위험방지계획서+위험성평가+ 작업위험관리체계(의무)	일반사업장 중 / 위험도 고
D tier	유해위험방지계획서 적용 대상 사업장 중 위험물질**을 기준량 이상 사용하지 않으며, 특수화학설비, 용해로, 건조설비, 가스집합용접장치, 분진작업 관련 설비를 보유하지 않은 사업장	유해위험방지계획서+위험성평가+ 작업위험관리체계(권고)	일반사업장 중 / 위험도 중
E tier	위 기준에 해당하지 않는 화학물질 취급 사업장	위험성평가+작업위험관리체계(권고)	일반사업장 중 / 위험도 저

* 위험성평가, 변경관리, 비상대응, 자체감사, 근로자 교육, 설비점검, 협력업체

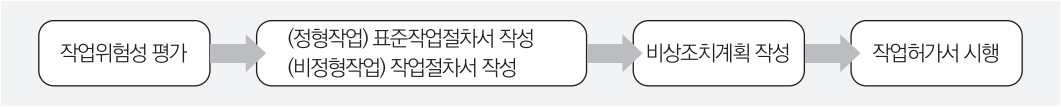
** 산업안전안전보건기준에 관한 규칙 [별표9]의 "위험물질의 기준량"

[표2] 국가별 화학시설안전관리 요소 비교표

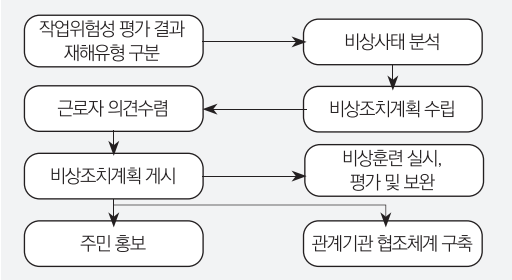
한국 PSM 요소	영국 COMAH MAPP 내 구성요소	미국 소규모사업장 PSM 요소	미국 RMP Program-3 구성요소	비고
공정안전자료	o	o	o	
공정위험성평가	o	o	o	
안전운전절차	o		o	간략히 작성가능(MAPP)
설비검사 및 보수유지 계획		o	o	
안전작업허가				
도급업체 안전관리				
근로자 교육	o	o	o	
가동전 점검				
변경 요소 관리	o			
자체 감사	o	o	o	
사고 조사			o	사고 발생시
비상조치계획	o		o	수준별 차별화 필요

화학물질 취급 작업

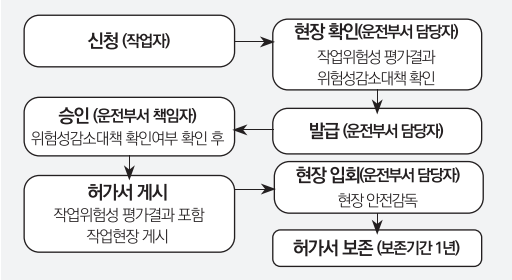
화학물질 취급과 관련된 정형작업에 대한 작업위험관리체계는 작업위험성평가, 표준작업절차서 작성, 비상조치계획 작성, 작업허가제도 시행의 4단계를 제시하였다. 비정형작업에 대해서는 표준작업절차 대신 작업절차서를 작성하는 절차를 [그림3]에서 제시하였다. 이와 함께 비상조치계획 절차와 작업허가제도를 제안하였다[그림 4~5]



[그림3] 정형 및 비정형 작업에 대한 작업위험관리



[그림4] 비상조치계획 수립 절차



[그림5] 작업허가 절차(안)

PSM 교육 개선안 제안

PSM 교육제도 분석 및 실태조사를 통해 PSM 의무교육대상을 확대(현재 작성자 교육에서 안전관리자, 공정별 책임자, 개발·설계 책임자, 설비보수·유지책임자, 관리책임자를 포함)하고, 안전보건공단의 PSM 교육 허브 기능을 강화할 것을 제안하였다. 또한 권역별로 대학 등 전문교육기관을 PSM 교육기관으로 지정하여 관리하는 방안과 같은 PSM 교육의 활성화 방안을 제시하였다.

III. 결론 및 정책제언

화학물질 취급사업장의 위험 특성을 분류하는 적합한 방법은 현재 운영되고 있는 제도와 연계하여 분류하는 방안이라 판단되었다. 이 분류 방안에 따라 화학물질 관리를 위한 PDCA가 잘 작동할 수 있도록 PSM 제도 개선 방안을 제안하였다. 또한, 정형 및 비정형 화학물질 취급작업에 대한 관리 방안을 제안하였는데 비정형작업과 같이 사고위험이 큰 작업에 대해서는 안전성을 높이기 위해 작업위험관리체계를 도입하는 방안을 포함하였다. PSM 사업장 등 화학물질 취급사업장의 담당자 및 관리자에 대한 교육에 있어서는 PSM 의무교육대상의 확대, 안전보건공단의 교육 총괄 및 허브기능 강화, 지역별 교육 저변의 확대 및 이를 위한 교육사업 투자 강화가 올바른 방향일 것으로 판단하여 이에 대한 개선방안을 제시하였다.

정량적 위험성평가 (CPQRA)방법 도입 방안 마련 연구

연구책임자
광운대학교 화학공학과
고재욱 교수

연구상대역
산업안전보건연구원
산업안전연구실 한우섭 부장

"공정안전보고서 관리제도"에 의해 중대산업사고 예방을 위한 국가적 시스템 역시 완성단계에 접어들었다고 할 수 있으나, 중대산업사고로 규정되어 있는 화재폭발과 독성물질의 확산으로 인한 피해를 예측하기 위한 위험성평가는 국내의 경우 아직도 피해예측 범위를 벗어나지 못하고 있는 실정이다. 또한 중대산업사고에 대해 정량적인 분석을 통해 사고예방 전략을 수립해야 하지만, 현재 국내에서는 정량적 위험성평가를 제대로 활용하지 못하고 있으며, 빈도분석으로부터 빈도 계산이 미흡하고 Risk에 대한 기준을 바탕으로 위험도 감소 대책을 규정하는데 어려움이 있다. 본 연구에서는 정량적 위험성평가의 해외 사례 및 기준 등을 분석하여 정확한 정량적 위험성평가를 수행할 수 있는 정책수립을 도출하고 활용근거를 제공하였다.

I. 서론

국내 화학사고 예방 및 비상대응계획 마련을 위해서는 정량적인 위험성을 산출하여 위험의 수용수준을 결정해야 하지만 관련 제도나 기준이 부재한 상태이다. 특히 정량적 위험성평가를 실시하기 위해서는 사고피해영향분석(Consequence analysis, CA)과 빈도분석(Frequency analysis, FA)으로부터 타당한 피해영향과 빈도값의 확보가 필요하지만 그동안 국내에서는 타당한 위험성평가(QRA) 수행이 거의 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 실효성 있는 사고예방과 효율적인 비상대책 수립이 가능한 화학공정의 정량적 위험성평가(CPQRA) 도입을 위한 방안을 제시하였다. 또한 국내 QRA 방법의 문제점을 분석하고, 효율적인 체계 구축을 위해 해외의 QRA 수행방법 분석 및 정량적 위험성평가 제도, 그리고 기준 분석을 통해 대응방안을 제시하였다.

II. 연구내용

정량적 위험성평가 방법 수행사례

국내의 경우 많은 사업장들에서 정량적 위험성평가 방법에 대한 원리를 이해하지 못하고 있는 실정이거나 형식적으로 수행하는 경우가 대다수이다. 또한 국내 화학공장의 위험성평가는 정성적(Qualitative) 평가를 통한 위험요소 확인 또는 임의로 선정한 최악의 시나리오를 통한 사고 피해영향분석 등과 같은 초보적 수준의 제도로 운영 중이다. 그러나 국외에서는 화학공장의 위험성평가(CPQRA)를 통해 공정에 대한 위험 인지, 위험에 대한 평가, 위험성 결정, 위험 감소 대책 수립과 실행을 수행하고 있다.

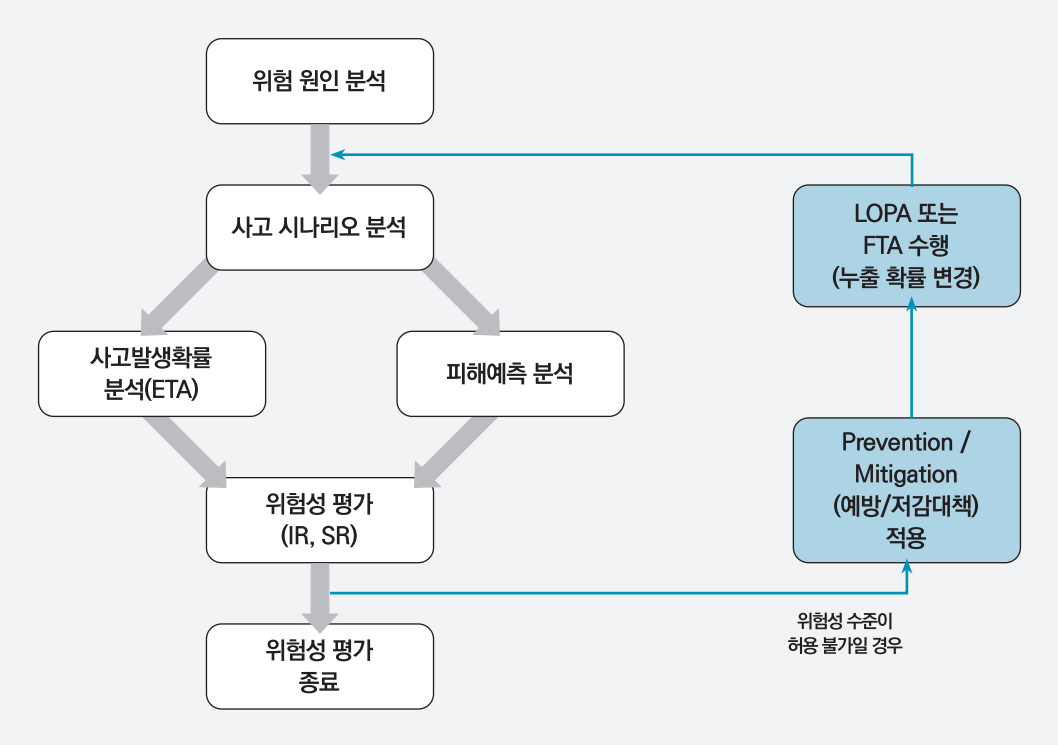
각국의 위험성 기준(Risk Criteria)

해외에서는 위험성기준(Risk Criteria)이 명확하게 존재하여 안전과 관련된 정책과 안전장치의 설치 등에 QRA자료가 활용되고 있다. 그러나, 국내의 경우 위험성 기준이 존재하지 않아,

사업장에서 위험성 평가를 형식적으로 수행하거나, 제대로 수행하였다고 하더라도 QRA 결과를 비교할 수 있는 근거가 없어 제대로 활용되고 있지 않다. 향후, 국내 위험성 기준 설정에 활용할 수 있도록 HSE R2P2(Reducing Risk Protection People)에 제시된 영국의 기준과 TNO Coloured book에 제시된 네덜란드의 기준 등 해외 위험성 기준을 분석하였다. 영국의 경우 개인적 위험성은 기준으로 제시되어 있지만, 사회적 위험성에 대한 기준은 제시되고 있지 않았으며, 네덜란드는 개인적 위험(IR), 사회적 위험(SR)이 모두 제시되어 있다. 또 위험성 기준은 국가뿐만 아니라 지역별, 기관별, 업종별로 모두 다르게 제시되어 있어 이에 대한 분석도 수행하였다. 국내 실정에 맞는 위험성 기준을 설정하기 위해서는 이번에 수행된 해외 사례 분석 결과와 국내 여건을 고려한 추가 연구가 필요하다.

CPQRA표준(안) 수행절차 제시

CPQRA에 대한 표준안을 제시하기 위해 CPQRA, TNO, API RP 752 등의 QRA에 대해 검토를 수행하였다. 이론적으로 QRA를 수행하기 위해서는 피해예측(Consequence Analysis, CA)을 통해 타당한 피해영향을 계산하고, 빈도분석(Frequency Analysis, FA)을 하여 빈도값을 확보하는 것이 필요하다. 그동안 국내 화학공정 CA분야에서는 많은 경험과 발전이 있었으나 FA를 하기 위해서는 빈도값을 결함수분석법(Fault tree analysis, FTA)을 사용하여 정확히 구해야 하기 때문에 화학공장의 기기, 장치별 고장률에 대한 신뢰성 데이터 확보가 선행요건이었다. 또한 미국, 유럽, 심지어 아시아 국가(일본 제외)도 오래 전부터 CPQRA를 수행하여 위험의 수용수준을 결정하고 있는 실정이다. 해외의 경우 FTA는 원자력발전소와 같은 규격화된 환경에서는 정확한 빈도값이 도출 가능하나 그 외 분야에서는 필요한 데이터의 신뢰성 부족으로 거의 사용 하지 않고 사건원인분석법(Event Tree Analysis, ETA)을 통해 FA를 수행하여 QRA의 결과인 개인적 위험성과 사회적 위험성을 구하고 있다. 이번 연구에서는 이러한 국내 사례의 분석결과를 활용하여 빈도 분석을 FTA 없이도 ETA 방법을 통해서 수행하여 개인적 위험성(IR)과 사회적 위험성(SR)을 구할 수 있는 CPQRA 표준안을 제시할 수 있었다.



[그림1] CPQRA(화학공장 정량적위험성평가) 표준안 수행절차

CPQRA 개선 및 도입 방안

국내의 PSM 제도에 QRA를 도입하기 위한 설문조사를 수행하여 사업장에서의 위험성평가 현황, QRA 도입을 위해 필요한 사항 등을 파악할 수 있었다. 설문 조사 결과, 현장에서는 QRA가 필요한 것에 대해서는 인지하고 있지만 현재 시점에서 QRA를 강화하는 것에 대해서는 부정적인 입장을 나타내었다. 이는 기업에서 정량적 위험성평가를 수행할 수 있는 제반 여건이 갖춰지지 않은 상황에서 정부에서 제도를 강화하게 된다면, 제대로 된 수행이 불가능할 것으로 예상하기 때문이다. 또한 기업은 신뢰할 수 있는 관련 S/W의 제공, 지속적인 CPQRA에 대한 교육 등을 통해 기업에서 원할하게 CPQRA를 수행할 수 있도록 지원을 해 주기를 기대하고 있다. 따라서 체계적인 교육을 통해 CPQRA의 필요성을 지속적으로 인지시키고, 지원 S/W를 개발하는 등 CPQRA를 수행하기 위한 제반 여건을 갖추어 나가야 한다. 또한 교육 내용 및 개발된 프로그램이 실제로 현장에서 적절하게 받아들이는지, 현장에서 어떠한 어려움을 겪는지를 확인하여 보완하고, 현장의 충격을 경감하기 위해 적용성 검증 시범 사업을 시행할 필요가 있다. CPQRA의 도입을 위해서 고용노동부 고시 「공정안전보고서의 제출·심사·확인 및 이행상태평가 등에 관한 규정」 제28조에 대한 개정이 필요하다. 또한 별지 제19호의 2 서식은 기존의 최악의 시나리오 및 대안의 시나리오를 사용하는 위험성 평가 방식에 최적화된 서식이었기 때문에 전면적 개정이 필요하다.

III. 결론 및 정책제언

CPQRA 결과를 비교하고 적용할 수 있는 국내 실정에 맞는 Risk Criteria 설정이 필요하고 기업에서 원활하게 CPQRA를 수행할 수 있도록 신뢰할 수 있는 관련 S/W 지원 및 지속적인 CPQRA에 대한 교육이 요구되고 있다. 또한 현장에서 CPQRA가 적절하게 받아들여질 수 있도록 적용성 검증 시범사업 시행과 함께 제시된 CPQRA 표준안을 사업장에 적용하기 위해서는 국내 실정에 맞는 Risk Criteria 개발, 사업장을 위한 CPQRA의 표준 교육안 개발, ETA를 위한 Event Tree Probability에 관한 연구, 사업장을 통한 CPQRA의 적용성 연구, CPQRA 지원 S/W 개발 연구 등에 대한 후속 연구가 마련되어야 한다.

화학물질에 의한 면역성 질환의 AOP 적용 연구 -직업성 폐질환을 중심으로-

연구책임자
산업안전보건연구원
산업화학연구실 조은상 연구위원

분진 및 화학물질 등 사업장 내 노출에 의한 근로자의 직업성 폐질환 증가로, 관련 연구를 위해 기존 독성시험과 다르게 컴퓨터 분석(in silico) 및 시험관내 실험(in vitro) 중심의 대체시험법을 활용할 필요가 있다. 이러한 유해화학물질에 의한 직업성 폐질환과 관련하여 분자수준 지표연구를 통해 위해성 평가까지 활용 가능한 독성발현경로(Adverse Outcome Pathway, AOP)와 연계한 메커니즘 탐색이 필요하며 직업성 폐질환의 초기 진단을 위한 유용한 마커를 발굴하기 위해 AOP를 이용하여 연구를 수행하였다.

I. 서론

최근 화학물질의 유해성 판단을 위한 독성시험의 방향으로 동물대체시험(Alternatives to animal testing)을 이용한 연구가 개발 및 활용되고 있다. 이러한 연구 패러다임의 변화를 위하여, OECD나 미국, 유럽 등지에서 화학물질의 규제적 측면 및 독성과 관련된 예측분야의 주요 개념으로 독성발현경로(Adverse Outcome Pathway, AOP)를 제시하고 있다. AOP란 화학 물질이 생체에 영향을 미치는 각 과정의 정보를 모아 구조적으로 연결하여 일종의 지도를 작성하는 개념으로 특정 화학물질이 유발하는 분자 수준의 변화부터 환경 및 사람의 건강에 영향을 주는 위해 결과까지의 생물학적 과정을 표현할 수 있다. 직업성 폐질환 중 면역성 질환으로 발생하는 직업성 천식은 조기 진단이 어려우며, 근로자의 삶의 질까지 악화시킬 수 있는 질환으로 치료를 위한 빠른 진단 및 원인물질 파악이 필요하여 AOP를 이용한 질환의 초기진단 또는 원인물질 스크리닝 마커를 발굴할 필요성이 있다.

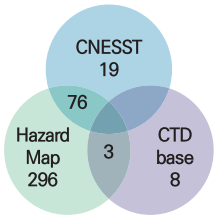
[그림1] AOP의 개요 모식도

II. 연구내용

직업성 천식 관련 유해 화학물질 탐색

이번 연구에서 국내·외 인체사례분석 및 문헌조사, 국내외 웹데이터 탐색을 통하여 직업성호흡기질환 중 직업성 천식의 유발물질을 특정하고, 해당 물질이 분류된 작업(공정) 카테고리 및 CAS 번호를 중심으로 탐색하였다. 그 결과 총 400여 물질이 검토되었으며, 두 개 이상의 데이터베이스에서 공통적으로 탐색된 물질은 80여종으로 나타났다. 대표적으로 이소시아네이트류(MDI, TDI 및 HDI 포함) 및 무수화물(anhydrides), 금속류, 아민 등이 포함되었다.

[표1] 직업성 천식 관련 화학물질 수

물질 조사 출처	천식 유발 화학물질 수	공통 물질
CNESST (all → CAS number)	450여종 → 95	
Haz-map (all → CAS number)	500여종 → 375	
CTDbase (interaction → direct evidence)	110여종 → 11	

AOP로 살펴본 질환들의 관련 매커니즘

(1) AOP와 여러 질환

AOP 데이터베이스인 AOP wiki를 통하여 검색된 화학물질과 연동(interaction)이 있는 것으로 알려진 18종의 AOP를 탐색한 결과, 간질환 및 순환기계 부전, 유선종양 등의 질환에 주로 관여하는 것으로 확인되었다. 또한, AOP wiki내 호흡기계 질환으로 명시되거나 면역계통 이상으로 발생하는 피부질환과 관련된 AOP를 탐색한 결과, 각 12종 및 3종의 AOP를 확인할 수 있었다.

(2) AOP와 직업성 천식

AOP wiki 내 직업성 천식과 관련된 AOP는 세포 손상을 일으킬 수 있는 다양한 경로를 포함하여 수지상세포 및 T-림프구의 작용에 의해 호흡기감작에 관련된 것으로 1건이 개발되고 있으나 일부 화학물질 노출 근로자의 임상적 증상과 맞지 않는 경우가 있어 문헌조사를 통해 추가적인 KE 및 기전을 검토하였다. 이를 위해 이소시아네이트류 및 금속류(미세먼지 내의 금속물질 포함)를 중심으로 인체, 동물 및 세포에서의 실험 문헌을 바탕으로 주요 KE를 탐색하였다. 그 결과, 염증, Th-17 면역, Th1/Th2 면역, 산화적 손상, 특정miRNA의 변화 및 이온채널의 변동 등이 탐색 되었고, 이를 중심으로 천식과 관련된 2건의 AOP 구성안을 제안하였다.

[표2] 직업성 천식 관련 AOP 제안

Type	Title
표면단백 결합 화학물질로 의한 Th17 및 호중구에 의한 천식 유발	
MIE	세포 표면 단백에 결합
KE	HIF-alpha 증가 Th17 및 호중구에 의한 염증 IL-17 증가
AO	천식 유발
ROS에 의한 폐의 염증으로 천식 유발	
MIE	257 반응성 산소종 생산 증가
KE	1438 폐에서 전염증성 사이토카인 생산 증가 혈중 IgE 증가
AO	천식 유발

(3) 직업성 천식 VS 면역성 피부질환 VS 기타 폐질환

또한 직업성 천식과 면역성으로 발생되는 피부질환 사이의 KE를 검색한 결과, 수지상 세포와 관련된 T-림프구의 작용이 공통적으로 작용하는 것을 확인하였으며, 직업성 천식 외 기타 폐쇄성폐질환과 관련된 KE를 비교한 결과, 사이토카인 및 염증관련 세포의 작용 및 침착, T-림프구의 활성화 등이 공통적으로 탐색되었다.

[표3 AOP를 통해 살펴본 면역성 피부질환과 면역성 폐질환의 관계

면역관련 피부질환	피부질환 관련 MIE/KE	직업성 천식 관련 MIE/KE
알러지성 접촉성 피부염	396 단백 공유 결합 826 각질형성세포 활성화 398 수지상세포 활성화 T-세포 활성화/증식	396 단백 공유 결합 398 수지상세포 활성화 T-세포 활성화/증식
건선성 피부 질환	1706 수지상 세포의 TLR7/8 자극 1707 성숙 수지상 세포의 IL-23 과생산 Th17 세포의 IL-17 과생산	Th17 세포의 IL-17 과생산
전신 홍반성 루푸스(SLE)	1710 면역 세포에서 ER-α에 결합 GATA3 합성 유도 자가반응성 B 세포에서 항-DNA 항체 증가	없음

III. 결론 및 정책제언

본 연구는 화학물질에 의한 직업성 천식의 물질별 정보 및 유해요소를 다양한 경로를 통해 검토하여 영향력 있는 물질을 확인하였으며, 질병의 매커니즘 분석을 위해 기존의 AOP 경로 상 KE를 탐색하고, 추가적인 KE를 제시하여 새로운 AOP 구성안을 제안하였다. 추후 대체시험법의 개발을 위한 기초적인 도구로서 AOP를 이용한 화학물질의 유해성 탐색은 지속적으로 이뤄져야 할 것이며, 본 연구의 결과물은 유해 화학물질 노출 근로자의 호흡기 질환 예방을 위한 기초자료로 활용이 될 수 있을 것이다.

인체피부모델을 이용한 산업화학물질의 피부 자극성 분류 적용방안 연구

연구책임자
산업안전보건연구원
산업화학연구실 김현옥 부장

산업현장에서는 화학물질 누출 및 피부접촉에 의해 사고성 재해와 직업성 피부질환 등을 일으킬 수 있으며, 화학물질 사용의 증가로 인해 관련 산업재해도 증가하고 있는 추세이다. 이권섭 등(2020)의 연구에 의하면 최근 5년간(2014년~2018년) 화학물질 누출과 피부접촉에 의한 재해자 1,536명 중 78.3%(1,202명)가 피부접촉에 의한 재해였으며, 관련 사고사망자 69명 중 13.0%(9명)가 피부접촉에 의한 사고사망자로 조사되었다.
이러한 화학물질의 피부접촉에 의한 건강장해를 예방하기 위해서는 피부 자극성 및 부식성 정보를 생산·제공하는 시스템의 개선이 요구된다. 이에 본 연구에서는 인체피부모델을 이용하여 화학물질의 피부 자극성 정보를 신속하게 생산할 수 있는 '생체외(In vitro) 피부 자극성 시험 시스템'을 GLP 수준으로 구축하여 활용하는 방안을 제시하고자 하였다.

I. 서론

최근 한 조선소에서 선박 방청용 에폭시 수지 도료를 용제형 도료에서 휘발성분을 줄인 무용제 도료로 대체한 후 피부질환이 집단 발생하는 등 산업현장에서는 화학물질 누출 및 피부접촉에 의해 사고성 재해와 직업성 피부질환 등이 일어날 수 있으며, 화학물질 사용의 증가로 인해 관련 산업재해도 증가하고 있는 추세이다. 이권섭 등(2020)의 연구에 의하면 최근 5년 간(2014년~2018년) 화학물질 누출과 피부접촉에 의한 재해자 1,536명 중 78.3%(1,202명)가 피부접촉에 의한 재해였으며, 관련 사고사망자 69명 중 13.0%(9명)가 피부접촉에 의한 사고사망자로 조사되었다.

이러한 화학물질의 피부접촉에 의한 건강장해를 예방하기 위해서는 피부 자극성 및 부식성 정보를 생산·제공하는 시스템의 개선이 요구된다. 기존에 산업안전보건연구원(이하 '연구원')에서는 토끼를 이용한 급성 경피독성시험을 2010년까지 41건 수행하였으나 최근에는 수행하지 않고 있으며, 토끼의 피부 조직과 인체의 피부 조직이 일치하지 않는 문제 및 동물실험의 윤리적 문제 등으로 최근에는 인체피부모델 등을 이용한 동물대체시험법을 많이 수행하고 있다.

이에 본 연구에서는 '인체피부모델을 이용한 생체외(In vitro) 피부 자극성 시험 시스템'을 우수실험실 운영규정(이하 'GLP') 수준으로 구축하여 산업현장에서 사용되고 있는 화학물질의 피부 자극성 정보를 신속하고 정확하게 생산·제공하여 화학물질의 누출 및 피부접촉에 의한 산업재해를 예방하고, 피부노출 유해성 평가를 위한 연구원의 동물대체시험 및 연구 기능을 강화하는 방안을 제시하고자 하였다.

II. 연구내용

본 연구에서는 OECD 시험가이드라인(OECD TG 439)[1] 및 국립환경과학원고시 제2020-46호[2]에서 제시하고 있는 6개의 인체피부모델[3] 중 SkinEthic™ RHE 모델을 활용하여 생체외 피부 자극성 시험을 수행하였다.

시험물질로는 「화학물질의 등록 및 평가 등에 관한 법률(이하 '화평법')」에 따라 사전 등록된 16,821종 중 연간 제조·수입량이 100톤 이상이고, 피부 자극성 또는 부식성 정보가 없는 물질을 대상으로 선정하였으며, GLP 수준의 피부 자극성 시험시스템 구축을 위해 표준작업지침서(이하 'SOP')를 개발한 후 이에 따라 인체피부모델의 숙련도 시험 및 시험물질에 대한 피부 자극성 시험을 실시하였다.

GLP 수준의 시험시스템 구축

SkinEthic™ RHE 인체피부모델을 이용한 생체외(In vitro) 피부 자극성 시험을 GLP 수준으로 수행하기 위하여 SOP 5종을 개발하였다. 각각의 SOP 내용은 다음과 같다.

(1) SOP-IRT-001 피부 자극성 시험물질의 특성 확인

피부 자극성, 인체피부모델, MTT assay에 대한 용어 정의 및 시험에 사용되는 재료 및 기기를 명시하였으며, 시험물질의 발색성 확인 절차와 MTT 환원성 확인 절차를 기술하였다. 추가로 시험과 관련하여 「발색성 및 MTT 환원성 확인기록지(SOP-IRT-001-F01)」가 포함되어 있다.

(2) SOP-IRT-002 인체피부모델을 이용한 피부 자극성 시험의 준비

숙련도 시험에 대한 용어를 정의하였고, 실험실 준비, MTT stock solution 조제 및 숙련도 시험절차를 기술하였다. 숙련도 시험물질 10종이 포함되어 있다.

(3) SOP-IRT-003 인체피부모델을 이용한 피부 자극성 시험의 수행

시험에 사용되는 용어인 반수치사시간(ET_{50}), 유지배양액(SMM), 성장배양액(SGM), 양성대조물질(PC) 및 음성대조물질(NgC)에 대해 정의하였고, 인체피부모델 및 배양액의 보관조건 및 유효기간, 제1일(Day 1)의 수행 절차, 제2일(Day 2)의 수행 절차 및 제4일(Day 4)의 수행 절차를 기술하였다. 추가로 시험과 관련하여 「인체피부모델 입수기록지(SOP-IRT-003-F01), 시험물질 처리, 세척 및 후배양 기록지(SOP-IRT-003-F02), MTT 분석 기록지(SOP-IRT-003-F03)」가 포함되어 있다.

(4) SOP-IRT-004 발색성 및 MTT 환원성 시험물질의 보정시험

비특이적 발색률(%NSC_{living}), 비특이적 MTT 환원률(%NSMTT) 및 대조군에 대한 용어를 정의하였고, 발색성을 갖는 시험물질의 보정시험, MTT 환원성을 갖는 시험물질의 보정시험 및 발색성과 MTT 환원성을 동시에 갖는 시험물질의 보정시험 절차를 기술하였다.

(5) SOP-IRT-005 인체피부모델을 이용한 피부 자극성 시험의 결과 판정

평균 흡광도 및 세포생존율 계산 절차, 보정시험의 세포생존율 계산 절차, 시험의 인정요건 및 피부 자극성 판정기준을 기술하였다.

---

1) OECD TG 439 : Test Guideline No. 439 In Vitro Skin Irritation: Reconstructed Human Epidermis Test Method(2020.6.26.)

2) 화학물질의 시험방법에 관한 규정 [별표] 화학물질의 시험방법 제5장 건강영향 시험분야 제27항 생체외 피부 자극성시험(인체피부모델시험) (2020.11.3.)

3) ①EpiSkin™(SM), ②EpiDerm™ SIT(EPI-200), ③SkinEthic™ RHE, ④LabCyte EPI-MODEL24 SIT, ⑤epiCS®, ⑥Skin+®

인체피부모델을 이용한 생체외 피부 자극성시험

(1) SkinEthic™ RHE 모델의 숙련도 시험

SkinEthic™ RHE 모델의 기능 재현성 및 숙련도 확인을 위해 SOP-IRT-002에 따라 숙련도 시험을 실시한 결과 [표1]과 같이 OECD TG 439 국립환경과학원고시에서 규정하는 GHS 분류와 일치하였다.

[표1] 숙련도 시험 결과

연번	구분	화학물질명	CAS No.	세포생존율(%)	시험결과	GHS 분류결과
1	음성대조물질	DPBS	-	100 ± 10.52	비자극	-
2	숙련도1	Isopropanol	67-63-0	88.46 ± 2.60	비자극	구분 외 (비자극)
3	숙련도2	Heptyl butyrate	5870-93-9	72.36 ± 0.70	비자극	구분 외 (선택성 구분 3)
4	숙련도3	Hexyl salicylate	6259-76-3	65.17 ± 3.92	비자극	구분 외 (선택성 구분 3)
5	숙련도4	Cyclamen aldehyde	103-95-7	1.25 ± 0.28*	자극	구분 2 (자극)
6	숙련도5	1-bromohexane	111-25-1	2.80 ± 0.86	자극	구분 2 (자극)
7	숙련도6	Potassium hydroxide (5% 수용액)	1310-58-3	0.79 ± 0.23*	자극	구분 2 (자극)
8	숙련도7	Heptanal	111-71-7	-1.20 ± 2.47*	자극	구분 2 (자극)
9	숙련도8	Naphthalene acetic acid	86-87-3	82.33 ± 15.45	비자극	구분 외 (비자극)
10	숙련도9	Methyl stearate	112-61-8	93.73 ± 6.12	비자극	구분 외 (비자극)
11	숙련도10	1-methyl-3-phenyl-1- piperazine	5271-27-2	2.88 ± 0.072**	자극	구분 2 (자극)
12	양성대조물질	SDS (5% 수용액)	-	1.42 ± 0.79	자극	-

* MTT 환원 보정 ** 발색 및 MTT 환원 보정

(2) 시험물질의 피부 자극성시험

화평법에 따른 사전등록물질로 연간 제조·수입량이 100톤 이상이고, 피부 부식성 또는 자극성 시험결과가 없는 물질 중 고용노동부 노출기준 설정물질 2종(3-Heptanone, 4-Heptanone)과 ECHA REACH 발암성 예측물질 2종(4-Hydroxybutyl acrylate, Antimony sulfide)을 선정하여 본 연구에서 개발된 SOP에 따라 피부 자극성 시험을 실시하였다.

시험물질(4종)에 대한 시험결과는 [표2]와 같이 세포생존률이 2.10~44.70%로 모두 50% 이하이고, 표준편차(SD)가 18이하이며, 시험인정조건을 모두 만족하였으므로 피부 자극성 물질(GHS 피부 부식성/피부 자극성 구분 2)로 판정하였다.

[표2] 시험물질의 피부 자극성 시험 결과

연번	구분	화학물질명	CAS No.	세포생존율(%)	시험결과	GHS 분류결과
1	음성대조물질	DPBS	-	100 ± 10.20	비자극	-
2	시험물질1	3-Heptanone	106-35-4	2.73 ± 1.05	자극	구분 2 (자극)
3	시험물질2	4-Hydroxybutyl acrylate	2478-10-6	2.10 ± 0.37	자극	구분 2 (자극)
4	시험물질3	4-Heptanone	123-19-3	3.83 ± 0.56	자극	구분 2 (자극)
5	시험물질4	Antimony sulfide	1345-04-6	44.70 ± 1.77*	자극	구분 2 (자극)
6	양성대조물질	SDS (5% 수용액)	-	2.80 ± 0.20	자극	-

* 발색 보정

III. 결론 및 정책제언

인체피부모델(SkinEthic™ RHE)을 이용한 생체외(In vitro) 피부 자극성 시험시스템을 GLP 수준으로 구축하여 신뢰성을 확보하고자 SOP 5종을 개발하였고, 개발된 SOP에 따라 SkinEthic™ RHE 모델을 활용하여 숙련도 시험(숙련도 시험물질 10종)과 국내 유통 및 연간 제조·수입량 등을 고려하여 선정한 시험물질 4종(3-Heptanone, 4-Heptanone, 4-Hydroxybutyl acrylate, Antimony sulfide)에 대한 피부 자극성 시험을 실시하였다.

SkinEthic™ RHE 모델의 숙련도 시험결과는 OECD 가이드라인 등에서 규정하는 GHS 분류결과와 일치하였고 시험물질 4종은 모두 피부 자극성 물질로 판정되었다.

본 연구를 통해 구축된 시험시스템을 활용하여 국내 직업성 피부질환을 선제적으로 대응하고, 연구원의 화학물질로 인한 산업재해 예방 기능을 강화하기 위하여 '인체피부모델을 이용한 생체외(In vitro) 피부 자극성 시험'에 대한 GLP 인증을 취득함으로써 연구원의 GLP 시험항목을 확대하고, 해당 시험에 대한 신뢰도를 확보하는 것이 필요하다. 또한, 종합적인 피부노출 평가를 위해서는 피부 부식성 시험도 실시할 필요가 있으므로 '인체피부모델을 이용한 생체외(In vitro) 피부 부식성 시험'에 대한 GLP 인증도 추진할 것을 제안한다.

본 연구에서 사용된 SkinEthic™ RHE 모델의 경우 국외에서 생산됨에 따라 코로나19로 인하여 구매하는데 상당한 시간과 비용이 발생하였고, 구매 후 2주간만 보관·사용이 가능하였다. 다행히 최근에 국내에서 개발된 KeraSkin™ 모델이 OECD TG 439(2021.06.14.)에 포함됨에 따라 구매 시간 및 비용이 획기적으로 감소하고, 보관 및 사용이 용이하게 되었다. 따라서 향후 연구원에서는 SkinEthic™ RHE 모델을 이용하여 개발된 SOP 내용 중 국내 제조사의 프로토콜*을 반영하여 시험물질 처리 전 배양 시간과 배지의 양, 시험물질의 성상별 처리 방법 및 시험물질 처리 후 배지의 양 등을 수정하면 KeraSkin™ 모델을 이용한 GLP 수준의 피부 자극성 시험이 가능할 것으로 사료된다.

* Protocol for in vitro skin irritation test with a 3D-reconstructed human skin model, KeraSkin™(식품의약품안전평가원, 2021)

난용성물질의 흡입노출 후 표적 부위 노출 확인 연구

연구책임자
산업안전보건연구원
산업화학연구실 김용순 연구위원

금속의 유해성을 해외에서는 카테고리/상관성 방식(read across) 접근 방법 등을 활용하여 (재)평가하고 있다. 하지만 금속의 특성, 금속-금속 화합물 등에 관한 정보 부족으로 실제 평가 시에는 고려해야 할 사항들이 많아 관련 자료의 확보가 필요하다. 또한, 난용성물질(금속)은 일정 기간 동안 조직 내에 체류하여 생체 내 유해 영향을 미칠 수 있기 때문에 이와 관련된 지속적인 연구가 필요하다. 본시험은 유해성 평가를 위한 관련 자료를 확보하기 위하여 금속-금속 화합물을 대상으로 향후 사용량이 많을 것으로 예상되는 물질인 리튬 니켈 망간 코발트 산화물의 독성영향과 노출 후 폐 침착을 확인하였다.

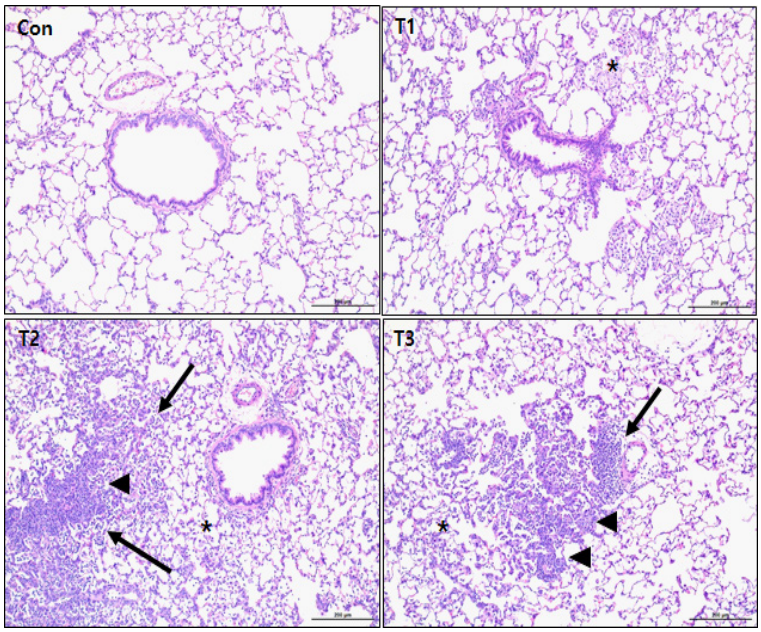
I. 서론

금속의 유해성은 주로 금속이온에 의한 영향이 크며 금속화합물에 따라 특정 음이온의 특성이 나타나는 경우도 있고, 화합물에 따라 금속의 산화상태가 서로 다를 수 있으며, 원자가에 따라 유해성이 다를 수 있다. 또한, 금속화합물의 용해도와 금속이온의 생체흡수율에 따라 그 유해성이 달라질 수 있다. 금속의 유해성 평가는 국제적으로 이미 널리 적용 및 인정되고 있는 금속화합물에 적용되는 카테고리/상관성 방식(read across) 접근 방법을 활용하고 있다. 하지만, 이 접근 방법은 수용해도 및 체액 용해도가 생체이용률과 반드시 비례관계를 유지하지 않는 점, 동일 금속을 포함한 화합물에 관한 동태 자료가 없는 경우 활용이 쉽지 않는 점, 발암성의 경우 카테고리 내의 금속화합물로 상관성 방식을 활용할 때 주의가 필요한 점, 난용성 금속화합물의 경우에는 물질의 용해 형태/변환 형태에 대한 추가 고려가 필요한 점 등의 한계가 있다. 난용성물질은 일반적으로 생물학적으로 안정적이고 독성이 낮은 것으로 알려져 있다. 하지만 높은 농도의 만성흡입노출의 상황에서는 예상하지 못한 다양한 독성학적 영향을 보일 수 있다. 리튬 니켈 망간 코발트 산화물(NCM)은 리튬, 니켈, 망간 및 코발트의 혼합 산화물로, 리튬 이온 배터리에서 리튬 이온을 위한 가장 중요한 저장 재료 중 하나로 알려져 있다. 특히, 전기차의 핵심 부품인 이차 전지 양극재의 핵심 소재로 NMC가 많이 알려져 있으며, 2018년 기준으로 가장 많은 비중의 수요량을 차지하고 있고 향후에는 그 사용 비중이 더 증가할 것으로 예상된다. 하지만, 원료로 사용되는 리튬, 니켈, 망간, 코발트는 이미 독성이 잘 알려져 있는 물질이기 때문에 그 사용량에 비례하여 노동자의 직접 또는 간접적인 노출이 염려되며, 이로 인한 건강 유해성 이슈도 고려해야할 사항으로 판단된다. 금속화합물의 유해성은 카테고리/Read across 접근 방법 등을 통해 재평가되고 있지만 금속-금속간 화합물은 관련 연구가 상당히 부족하여 연구 필요성이 제기되고 있다. NMC는 향후 그 사용량이 매우 높을 것으로 예상되는 금속-금속간 화합물로 노동자의 건강보호를 위해 유해성·위험성 평가를 위한 자료가 필요한 물질로 판단되어 작업장에서 주요 노출 경로인 흡입을 통한 영향을 확인하였다.

II. 연구내용

4주 반복흡입독성시험

NMC는 니켈, 망간, 코발트가 각각 8:1:1의 비율로 구성된 물질을 사용하였다. 시험물질의 발생은 고체 에어로졸 발생기(solid aerosol generator, SAG 410, Topas GmbH, Germany)를 사용하였고, 전신노출 흡입챔버(5 m^3)를 사용하였다. 노출농도는 흡입챔버 내 실험동물의 호흡영역에서 개인시료포집기(SKC, AirChek XR-5000, USA)와 25 mm glass fiber filter를 이용하여 노출일에 3회 이상 포집하여 포집 전·후 필터 무게를 칭량 및 계산하였다. 시험물질의 입경분포는 캐스케이드 임팩터(cascade impactor, Model-135 Mini MOUDITM Impactor, MSP Co., Minnesota, USA)를 이용하여 각 노출군별 공기역학질량중위지름(mass median aerodynamic diameter, MMAD) 및 기하표준편차(geometric standard deviation, GSD)를 확인하였다. 시험물질의 노출은 하루 6시간, 주 5일, 4주간 실시하였다. 실험동물은 특정병원체부재(Specific Pathogen Free, SPF) Sprague-Dawley(SD) 랫드(rat)를 사용하였고, 약 7주령에 입수하여 약 1주일간의 순화 및 검역기간을 거친 후 약 8주령부터 노출을 시작하였다. 시험군의 구성은 암수 각각 대조군, 저농도(T1, 0.5 mg/m^3), 중농도(T2, 1 mg/m^3) 및 고농도(T3, 2 mg/m^3)로 구성하였다. 일반증상관찰, 체중 측정, 사료섭취량 측정, 혈액학적 검사, 혈액생화학 검사, 부검 및 육안적 관찰, 장기중량 측정, 기관지폐포세척액 분석, 조직병리학적 검사 및 폐 침착을 확인하였다.



[그림1] 수컷 조직병리학적 소견

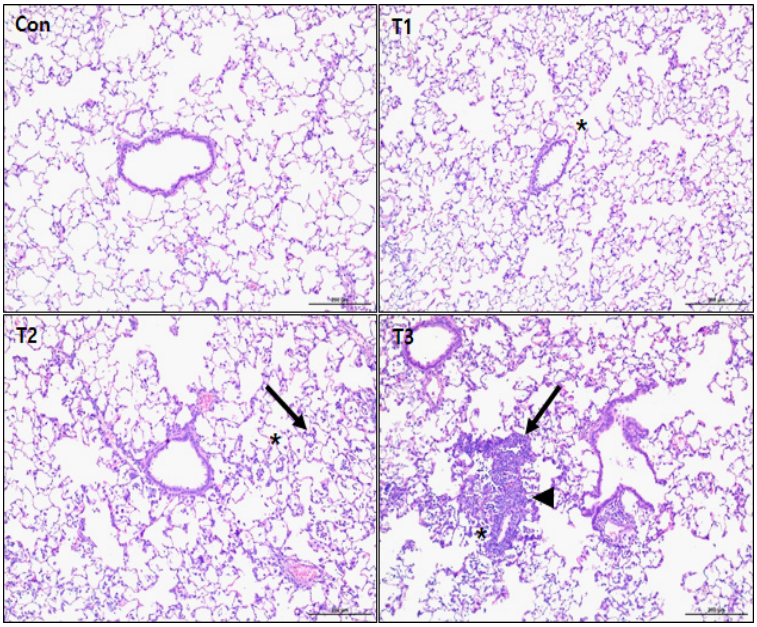
Lung histology of rats stained with hematoxylin-eosin(×200). Lung tissues of NMC-inhaled rats showed aggregation of alveolar macrophage(asterisk) and infiltration of inflammatory cells(arrows) or inflammation(arrow head) in alveoli and interstitial areas.

노출 및 회복기간 동안 사망동물 및 특이한 일반증상은 관찰되지 않았다. 시험기간 동안 일반증상 및 체중측정 결과 유의한 변화는 관찰되지 않았고, 시험물질에 의한 영향으로 판단되는 사료섭취량 변화, 혈액학 및 혈액생화학적 변화는 확인되지 않았다. 장기중량 측정 결과 폐 중량의 유의한 증가가 확인되었다. 기관지폐포세척액의 생화학적 분석 결과 폐의 손상이 확인되었다. 부검 육안소견 결과 폐의 기관기관지림프절의 크기증가가 관찰되었다. 폐조직의 조직병리학적 검사 결과 T1(0.5 mg/m^3), T2(1 mg/m^3) 및 T3(2 mg/m^3) 시험군에서 폐포대식세포 응집(alveolar macrophage aggregation), 염증세포 침윤(inflammatory cell infiltration), 간질성 염증(interstitial inflammation)과 같은 염증소견이 관찰되었다. 폐 침착 분석결과, 농도에 따라 유의하게 침착되는 결과를 확인하였다.

[표1] 기관지폐포세척액 생화학적분석 결과

Parameter	Control	T1(0.5 mg/m^3)	T2(1 mg/m^3)	T3(2 mg/m^3)
Male				
TP(g/dL)	0.021±0.0081(3)	0.065±0.0206(3)*	0.097±0.0160(3)**	0.105±0.0232(3)**
LB(g/dL)	0.000±0.0000(3)	0.000±0.0000(3)	0.008±0.0133(3)	0.000±0.0000(3)
LDH(IU/L)	58.3±3.89(3)	484.7±159.06(3)	1105.1±287.68(3)**	1677.4±189.72(3)**
Female				
TP(g/dL)	0.029±0.0142(5)	0.103±0.0349(5)**	0.124±0.0385(5)**	0.103±0.0173(5)**
LB(g/dL)	0.000±0.0000(5)	0.001±0.0009(5)	0.001±0.0027(5)	0.000±0.0009(5)
LDH(IU/L)	69.5±8.74(5)	810.0±259.35(5)	1452.1±367.70(5)*	1698.7±163.77(5)**

* Significant at the 0.05 level ** Significant at the 0.01 level



[그림2] 암컷 조직병리학적 소견

Lung histology of rats stained with hematoxylin-eosin(×200). Lung tissues of NMC-inhaled rats showed aggregation of alveolar macrophage(asterisk) and infiltration of inflammatory cells(arrows) or inflammation(arrow head) in alveoli and interstitial areas.

[표2] 수컷 폐 침작 분석결과

Group	Nickel	Cobalt	Manganese	Lithium
Control	0.00±0.00(3)	0.03±0.05(3)	0.00±0.00(3)	0.00±0.00(3)
T1	2.86±2.61(3)	0.34±0.09(3)	0.88±1.18(3)	0.00±0.00(3)
T2	9.05±1.83(3)	0.61±0.09(3)	0.64±0.52(3)	0.00±0.00(3)
T3	11.55±1.68(3)*	0.94±0.14(3)*	0.69±0.30(3)*	0.00±0.00(3)

Unit = ug/g * Significant at the 0.05 level

III. 결론 및 정책제언

기관지폐포세척액의 생화학적 분석 결과와 폐의 조직병리학적 소견을 통해 28일 반복흡입 독성시험 결과 최소영향관찰농도(lowest observed adverse effect concentration, LOAEC)은 0.5 mg/m^3 로 판단하였고, 폐를 제외한 전신독성 관련 소견은 확인되지 않아, 본 시험의 노출농도에서는 전신독성은 없는 것으로 판단하였다. 본 시험에서 확인된 결과는 시험물질의 입자크기를 실험동물(랫드)이 흡입할 수 있는 크기로 준비를 했기 때문에 사람에 적용하였을 때 실험동물의 결과와 비교하여 폐부위에 더 침착이 잘되는 결과를 보였을 것으로 판단되었다.
본 연구는 실험동물을 이용하여 NMC의 28일 흡입노출로 인한 폐에 미칠 수 있는 유해성을 확인하였고, 독성예측의 중요한 인자가 될 수 있는 폐 내 침착 정보를 제공하였다. 특히 조직 내 침착분석 등은 국제적으로 금속화합물의 평가에 적용되는 카테고리/상관성 방식(read across) 접근법에서 고려해야 할 사항들을 확인할 수 있는 중요한 정보를 제공할 수 있다. 향후 난용성물질의 연구를 위한 모의 폐액 분석, 모의 위액 분석 등 in-vitro 분석법과 조직 내 침착 분석을 위한 추가 연구를 통해 유해성 평가를 위한 충분한 정보를 제공할 수 있는 노력과 지원이 필요하다.

OSH

RI:

VIEW

OSHRI : Now

01. 코로나 이후 산업안전보건 변화를 전망한다

02. 작업환경측정기관 분석자 대상 전문가 교육 공동개최

03. 업종별/연령별/성별 암 발병률을 확인할 수 있는 시각화 자료 공개

04. SH@W로 읽는 전세계 산업안전보건연구 동향

OSHRI:Now는 산업안전보건연구원 동정 및 현안을 전달합니다.

포스트 코로나 시대 안전보건 전망과 해결과제 보고서 표지

코로나 이후 산업안전보건 변화를 전망한다

산업안전보건연구원은 포스트코로나 시대 산업안전보건 연구를 선도하기 위하여 「포스트 코로나 시대 안전보건 전망과 해결과제 연구보고서」를 발간했다.

이번 보고서는 코로나19로 인한 ▲고용노동환경 변화와 안전보건 사각지대 ▲포스트코로나 시대의 사고사망 예방 ▲디지털 기반의 작업장소와 안전한 재택근무 ▲산업보건 사각지대 종사자의 직업건강적 접근 등 4가지 중점주제를 중심으로 구성되어 있다.

또한 팬데믹 이후 산업안전보건의 역할과 대응과 관련하여 10가지 연구주제를 제시하고, 해당 주제에 대한 연구를 내년부터 수행해 나갈 예정이다.

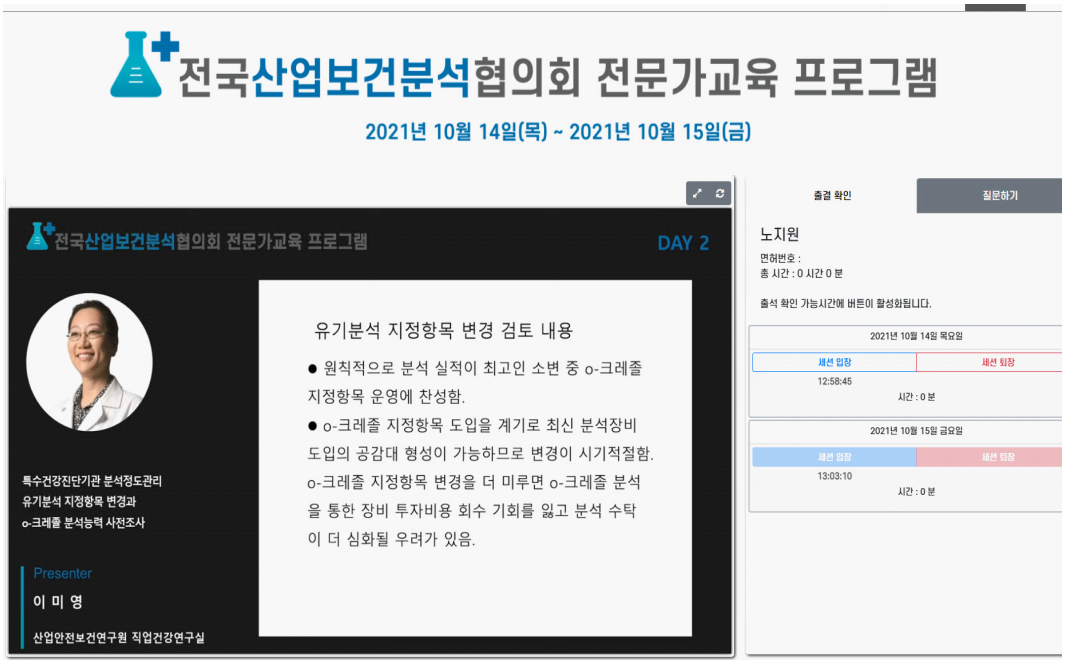
이번에 발간하는 연구보고서는 지난 4월과 5월에 〈포스트코로나, 산업안전보건 전망과 해결과제〉를 주제로 6회에 걸쳐 실시한 릴레이 포럼을 통해 각계의 의견을 수렴하고 이를 반영한 연구결과를 담고 있다.

지난 포럼에서는 ▲배달종사자 중심의 플랫폼 노동자 안전 및 온라인 유통시장 확장에 따른 물류센터 안전(4.6), ▲플랫폼 및 돌봄 노동자의 건강보호 방안(4.9), ▲원격근무 확대로 인한 안전보건 환경변화 진단 및 유해위험성 발굴(4.22), ▲안전보건 취약계층 및 사각지대 보호를 위한 법·제도적 대응방안(4.28), ▲제4차 산업혁명 도래에 따른 로봇 사용의 확대에 따른 위험성 진단(4.29) ▲포스트코로나 시대의 산업안전보건 전망과 향후과제(5.27) 등의 내용을 다루었다.

포럼은 '산업안전보건연구원' 유튜브 채널에 공개되어 있으며, 주제 또는 연사별로 시청이 가능하다.

보고서 바로가기 **유튜브 바로가기**

※ 좌측의 QR코드를 통해 '포스트 코로나 시대 안전보건 전망과 해결과제 연구보고서'와 '산업안전보건연구원 유튜브 채널'에 게시된 포럼에 대한 영상을 확인하실 수 있습니다.

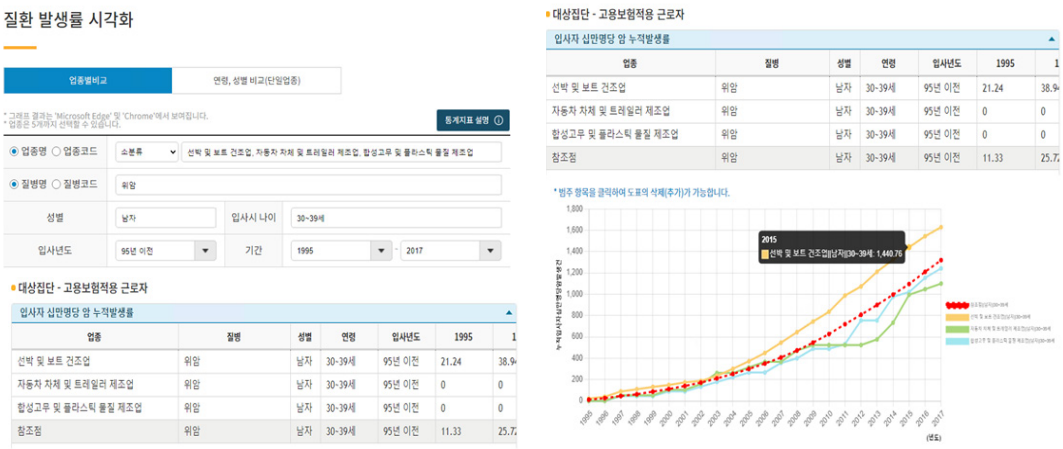


전문가 교육 프로그램을 위한 플랫폼

작업환경측정기관 분석자 대상 전문가 교육 공동개최

연구원 직업환경연구실에서는 고용노동부 지정 작업환경측정기관 분석자 등이 회원으로 참여하고 있는 전국산업보건분석협의회와 공동으로 하반기 전문가교육을 개최했다(2021.10.14.-10.15). 본 교육은 코로나19의 영향으로 인해 온라인을 통한 비대면 방식으로 치러졌다. 연구원에서는 산업안전보건제도의 최신 동향을 전파하고, 작업환경측정기관 분석자들의 측정 및 분석 능력 향상을 도모하기 위해 상/하반기에 각 1회 전문가 교육을 공동으로 개최하고 있다. 동 프로그램은 매회 약 300여명의 분석자가 참여하고 있다.

이번 프로그램을 위해 연구원에서는 ▲석탄화력발전소의 공정별 유해인자 노출 위험도 평가 및 작업환경관리방안 (직업건강연구실 권지운 연구위원), ▲수동식 시료채취기의 원리 및 sampling rate(직업환경연구실 이광용 연구위원), ▲o-크레졸 분석 사전조사와 2023년 o-크레졸 지정 항목 변경 내용 소개 (직업건강연구실 이미영 선임 연구위원)에 대해 발표했다.



질환 발생률 시각화 자료

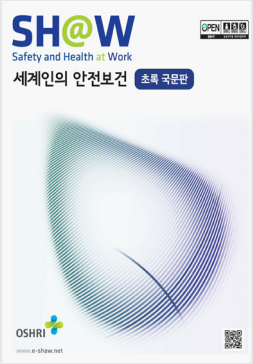
업종별/연령별/성별 암 발병률을 확인할 수 있는 시각화 자료 공개

산업안전보건연구원에서는 기업의 인사자료, 암 등록 통계, 통계청 사망자료 등을 연계 및 활용하여 설계한 직업코호트를 기초로, 연구원의 빅데이터를 이용한 업종별 직업성 암 위험도 산출 프로그램을 개발해 홈페이지에 공개했다. 동 프로그램은 고위험 사업장 감시 체계 개발을 통하여 능동적 역학조사를 수행하기 위하여 직업병 위험도 예측 정보가 담겨있다.

이번에 개발된 프로그램은 사업장 기반 질환 감시자료를 활용하여 일반 근로자들이 업종에 따른 질환위험 정보를 쉽게 확인할 수 있도록 시각화자료로 구축되었다. 30-39세 나이에 1995년 이전에 선박 및 보트건조업에 입사한 남성근로자가 근무기간이 20년이 경과한 2015년에서의 위암 누적발생률은 근로자 10만 명당 1441명 수준으로 동일한 특성(30-39세 나이에 1995년 이전에 입사한 남성)의 전체 업종의 10만 명당 1095명과 비교했을 때, 누적 발생자 수가 높음을 확인할 수 있다. 일반인들도 질환의 누적발병률의 위험성을 비교하여 평가할 수 있도록 전체업종에서의 누적발병률을 참조 기준집단을 제시하여 업종별로 비교할 수 있으며, 동일 업종 내에서도 성별, 연령별 특성에 따라 비교할 수 있도록 구성하였다.

연구원에서는 2017년부터 지속적으로 빅데이터 기반 직업코호트를 통한 업종별 직업성 암 위험도 평가 연구를 수행하고 있다. 앞으로도 고위험 사업장의 질환 감시와 능동적 역학조사 실시를 통하여 직업병 예방을 위한 공공기관의 역할을 지속적으로 수행해 나갈 예정이다.

※ 좌측의 QR코드를 통해 '질환 발생률 시각화' 페이지로 이동하실 수 있습니다.



세계인의 안전보건 초록 국문판 표지

SH@W로 읽는 전세계 산업안전보건연구 동향

산업안전보건연구원에서 발간하는 국내 최초 산업안전보건분야 SCI 국제학술지 「SH@W」에 게재된 논문의 초록을 국문으로 번역한 「세계인의 안전보건 초록 국문판」이 발간됐다. 동 기간 SH@W 저널에는 총 23개국에서 약 1,200건의 논문이 접수되었고 이 중 동료심사를 거친 84편의 논문이 게재된 바 있다.

해당 발간물은 국내외 학계의 성과를 공유하기 위하여 국내 안전보건전문가들과 공유의 시급성이 높은 정보를 담은 논문 총 50건을 담고 있으며, ① 다른 사회가 조명하는 서로 다른 노동, ② 명왕성을 찾듯 안전사고를 분석하는 Safety 2 연구, ③ 산재 예방정책의 효과성 분석 연구, ④ 새롭게 부각되는 전형적인 사고와 직업병, ⑤ 포스트코로나 이후 가속화되는 노동시장 문제 등 다섯 가지 부문으로 나누어 소개한다.

SH@W는 2019년 국내 최초 산업안전보건분야 SCI 국제학술지로 등재된 이후, 2021년 상반기에 발표된 영향력지수(impact factor) 2.707을 달성했다. 영향력지수는 학술지 영향력을 객관적으로 평가하는 지표로, 산업안전보건분야는 일반 사회문화 및 의학, 기술 등의 학술지 보다 집약적인 분야이므로 2점대를 기록한 것은 학술지로서의 영향력을 인정받은 것이라 할 수 있다.

SH@W는 논문 투고료 및 다운로드 비용이 발생하지 않는 오픈액세스(open access) 방식으로 운영되고 있어 관심있는 누구나 저널에 수록된 논문을 읽어볼 수 있다.

※ 좌측의 QR코드를 통해
국제학술지 'SH@W'에 대한 정보를 확인하실 수 있습니다.

산업도시 울산?
생태도시 울산!

〈겨울 밤하늘을 수놓는 겨울진객의 날개짓〉

울산하면 회색빛 산업도시 이미지를 먼저 떠올리기도 하지만,
울산시는 녹색 생태관광도시로 거듭나기 위해 지속적인 노력을 기울이고 있다.

울산 태화강국가정원의 겨울은 떼까마귀의 계절이다.
태화강국가정원 중 태화교에서 삼호교에 이르는 철새공원 일원은 이른바 철새의 낙원으로 불린다.
태화강과 십리대숲이 어우러진 이 곳은 풍부한 먹이를 제공하고
겨울철을 안전하게 보낼 수 있는 까마귀의 안식처다.
한 곳에 모여 자는 습성이 있는 떼까마귀는 6만 제곱미터 이상의
울창한 대나무 숲에서 밤을 보내고 해가 뜨기 전 날아올라 먹이 사냥에 나선다.
가까이로는 울산 울주군, 멀리로는 반경 100~130km 떨어진 경남 함양과 밀양, 경북 포항까지
날아갔다가 해가 저물기 전에 다시 대숲으로 모여든다.

해질녘의 떼까마귀 군무는 울산 도심 곳곳에서 관찰할 수 있는데,
이 화려한 군무를 보기 위해 전국의 방문객이 겨울철 울산을 찾고 있다.
특히 울산남구에 위치한 철새홍보관을 통해 다양한 체험을 할 수 있어 가족과 함께 나들이하기에도 좋다.

MEMO

OPEN 공공누리 출처표시 상업용금지 공공저작물 자유이용허락

ISSN 2799-6166

독자 의견 설문조사

원고 모집 안내

표지
사용 후 고지(재생지)
30%를 함유한
인스퍼에코 222g/㎡

내지
사용 후 고지(재생지)
30%를 함유한
인스퍼에코 112g/㎡

환경보호를 위해
친환경용지를
사용하였습니다.

친환경 환경부