

## 소규모 사업장 대상 스마트 작업환경관리 서비스 모델 제안

안우주<sup>1</sup> · 김기연<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>서울과학기술대학교 일반대학원 안전공학과, <sup>2</sup>서울과학기술대학교 안전공학과

## A Proposal of a Smart Work Environmental Management Service Model for Small Business

Woo-Ju An<sup>1</sup> · Ki-Youn Kim<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Safety Engineering at the Graduate School of Seoul National University of Science and Technology

<sup>2</sup>Department of Safety Engineering, Seoul national University of Science and Technology

### ABSTRACT

**Objectives:** The purpose of this study is to propose a smart work environment management service model that can measure and maintain work environments in real time.

**Methods:** How existing private consignment business is being carried out was identified and a simpler method was applied to the model.

**Results:** Common support was provided according to the Korea Standard Industrial Classification. Hazards suitable for the relevant industry classification were selected and information on safety and health education, etc. was provided. Theme-specific support provides services focusing on hazards that can be measured through applications. Hazards are evaluated by applying new standards divided into 'Good', 'Average', 'Inadequate', and 'Faulty'.

**Conclusions:** This model is designed to help employers identify health and safety conditions in small businesses where it is difficult to hire health and safety professionals. Using the app proposed in this study, anyone can easily measure their work environment at any time.

**Key words:** Small business, work environment measurement, work environment management, smartphone application


### 1. 서 론


안전보건공단에서 발표한 '2019년 산업재해 발생 현황분석'에 따르면 2019년 당시 전체 사업장수는 2,680,874개소였고, 50인 미만의 소규모 사업장은 2,632,955개소로 전체 사업장수의 98.2%를 차지하였다. 소규모 사업장 종사자수는 전체 근로자수의 63.6%로 대부분의 근로자가 50인 미만 사업장에 종사한다고 볼 수 있다. 이러한 소규모 사업장에서는 근로자수가 많은 것은 물론, 안전관리자 또는 보건관리자를 선임할

의무가 없기 때문에 업무상 재해의 발생 위험이 높다. 업무상질병의 경우 소규모 사업장에서 업무상질병으로 인한 요양재해자수는 7,502명이었으며, 이는 전체 업무상질병 요양재해자수의 53.5%이었다. 업무상질병에 이환된 근로자 2명 중 1명은 50인 미만 소규모 사업장에서 발생한다는 것이다. 또한, 소규모 사업장에서 발생한 업무상질병으로 인한 사망자수의 경우 585명으로 전체 사망자수의 50.2%를 차지하였다. 이 중 5인 미만의 사업장에서 발생한 사망자수는 193명이었고, 소규모 사업장 규모 중 가장 많은 수의 사망자였다

\*Corresponding author: Ki-Youn Kim, Tel: 02-970-6376, E-mail: kky5@seoultech.ac.kr  
232 Gongneung-ro, Nowon-gu, Seoul 01811

Received: May 3, 2021, Revised: May 29, 2021, Accepted: June 14, 2021

 Woo-Ju An <http://orcid.org/0000-0001-7237-2524>

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

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

(KOSHA, 2020).

업무상질병을 예방하기 위해 대부분의 사업장에서는 작업환경측정 또는 보건관리대행을 실시하고 있다. 소규모 사업장 작업환경측정의 경우 작업환경측정기관, 보건관리전문기관 등 외부 전문가에 의해 실시된다. 상시근로자 1인 이상 사업장이면 작업환경측정을 실시해야하나, 소규모 사업장수에 비해 작업환경측정 실시사업장수는 현저히 적었다. 2018년도 당시 작업환경을 실시한 50인 미만 사업장수는 56,647개소로 산업재해보상보험법 적용사업장의 2%에 불과하였다(MoEL, 2018; KOSHA, 2019). 또한, 작업환경측정결과 노출기준이 초과된 공정에 대한 개선조치가 제대로 이루어지지 않은 채 반복적인 측정만 이루어지고 있다. 이는 작업환경측정으로 인한 업무상질병 예방적 효과가 전혀 없으며, 소규모 사업장 사업주에게 반복적인 측정에 대한 비용을 지출해야 하는 부담을 안겨준다(Choi, 2008).

현재 산업안전보건법에서 상시근로자 50인 미만 소규모 사업장에서도 안전보건관리담당자를 선임하도록 명시되어 있다. 안전보건관리담당자의 업무는 산업안전보건법 시행령 제25조에 규정되어 있으며, 이들은 작업환경측정 및 개선에 대한 지도, 조언의 업무를 하여 쾌적한 작업환경을 조성하는 역할을 한다. 그러나, 안전보건관리담당자는 상시근로자 20인 이상부터 적용되는 것으로 산업안전보건법 시행령 제24조에 명시되어 있으며, 20인 미만인 소규모 사업장의 경우 해당 혜택을 누릴 수 없다(KOSHA, 2017). 20인 미만의 사업장은 산업보건관리의 사각지대에 놓여있다.

보건관리대행은 상시근로자 300명 미만의 중소규모 사업장을 대상으로 보건관리전문기관에 위탁하여 사업장 보건관리 업무를 지도, 지원해주는 제도로, 산업안전보건법 시행령 제23조에서 규정하고 있다. 소규모 사업장에 보건관리대행제도를 실시한 후 근로자들을 조사하였을 때 근로자들의 일반건강에 관한 지식은 향상되었으나, 해당 지식을 직접 실천하는 태도의 변화는 없었던 것으로 나타났다(Lee, 2016). 작업환경측정 및 보건관리대행은 대부분의 소규모 사업장에서 실제로 시행되지 않는 점과 관리가 제대로 이루어지지 않는 점에서 사업의 제한점이 드러났다.

또한, 2020년 발생한 신종 코로나바이러스로 인해 사람 간 접촉이 제한되었고, 이는 위탁기관이 소규모 사업장에 직접 방문하여 작업환경측정과 보건관리대행을

실시하는 것이 불가능해졌다. 일부 전문가들은 신종 코로나바이러스가 근로자에게 여러 형태의 위험을 줄 수 있으므로 작업환경측정주기를 현행보다 2~3배 늘리라고 주장하였다(Kim, 2020). 그러나 이러한 주장은 작업장 내에 존재하고 있는 유해위험요인을 방지하여 근로자들이 질병 등에 이환되게 만들 수 있다. 따라서 작업장에 직접 방문하여야 하는 작업환경측정 및 보건관리대행 사업이 비대면 방식으로 바뀌는 등의 개선이 필요하다. 현재 근로환경 또한 코로나바이러스의 감염을 최소화하기 위해 재택근무, 원격수업 등 비대면 형태로 바뀌었다. 바뀐 근무환경처럼 소규모 사업장에서도 작업환경측정과 보건관리대행을 시행하기 위해선 정보통신기술을 도입한 새로운 서비스를 개발하여야 한다. 따라서 본 연구는 팬데믹 상황에서 사업장에 직접 방문하여 작업환경측정, 보건관리대행을 실시하기 어려우므로 이러한 문제를 해결하기 위해 수시로 작업환경측정 및 유지관리가 가능한 ‘스마트 작업환경관리 서비스 모델’을 제안하고자 한다. 이 모델은 스마트폰을 이용하여 사용할 수 있는 애플리케이션으로 제공될 것이며, 이를 통해 전문적인 지식이 부족한 사업주의 부담을 경감시켜주고 비대면으로 지속적인 작업환경측정 및 보건관리대행 서비스를 제공할 수 있도록 한다.

## II. 연구 방법

스마트 작업환경관리 모델은 기존 소규모 사업장 보건관리대행 및 보건관리 기술지원사업이 어떻게 이루어지고 있는지 파악하고, 복잡한 내용이 포함되어 있을 시 내용을 더 단순화하였다. 또, 산업안전보건법에서 규제하고 있는 유해인자의 노출기준을 근거로 모델에 적용할 수 있는 등급으로 구분하였다. 기존의 보건관리 기술지원사업과 동일한 등급인 ‘양호’, ‘보통’, ‘미흡’, ‘불량’의 네 가지 단계를 사용하나 유해인자별 새로운 기준을 적용하여 작업환경상태를 분류하였다. 스마트폰으로 유해인자를 측정하기 위해서 Android 및 iOS 앱스토어에 유해인자 측정 애플리케이션이 있는지 검색하여 확인하고, 측정 애플리케이션이 있는 유해인자를 위주로 서비스 모델에 적용하였다. 또한, 기존 작업환경측정 및 보건관리대행 사업의 한계점을 보완하여 소규모 사업장 대상 스마트 작업환경관리 서비스 모델을 제시하였다.

### III. 결 과

#### 1. 스마트 작업환경관리 서비스 모델 개요

스마트 작업환경관리 서비스는 모든 사업장에 적용할 수 있도록 하며, 기존 소규모 사업장 보건관리대행 및 보건관리 기술지원사업을 바탕으로 새로운 기준을 취한 모델이다. 소규모 사업장 보건관리 기술지원사업은 산업안전보건공단에서 자율적 보건관리가 미흡한 50인 미만 소규모 사업장을 대상으로 민간재해예방기관을 활용하여 종합적 보건관리 기술지원을 실시한다. 이 사업은 공통지원과 테마별 지원을 통해 사업장 맞춤형 기술을 지원한다(KOSHA, 2021). 본 모델은 보건관리 기술지원사업과 마찬가지로 공통지원 및 테마별 지원의 개념을 추가하였다. 공통지원의 경우 기존 기술지원 사업 내용과 동일하게 모든 사업장을 대상으로 안전보건제도, 안전보건교육 등을 실시한다(Figure. 1). 공통지원의 경우 비대면으로 진행되며, 테마별 지원의 경우 사업장별 사전평가를 대면으로 실시한 후에 비대면으로 서비스를 제공한다. 처음 대면조사 그러나, 테마별 지원의 경우 기존 사업의 내용과 다르게 작업환경측정을 주로 다룬다.

#### 2. 공통지원

공통지원은 모든 사업장을 대상으로 실시될 것이다.

사업주나 관리자 등이 스마트 작업환경관리 서비스 애플리케이션을 스마트폰에 다운받으면 안전보건제도나 작업환경관리 교육을 받을 수 있도록 시스템을 구성한다. 소규모 사업장은 안전보건에 대한 인식이 낮으므로 산업안전보건법 시행규칙 별표6의 안전보건표지 같은 가시성이 높은 그림을 이용하여 작업 장소에 대한 교육할 수 있도록 한다(Figure. 2). 또한, 애플리케이션에 산업재해에 대한 경고문구 또는 애니메이션 영상 등을 포함하여 근로자 건강에 대한 책임감 및 안전한 작업에 대한 동기를 유발할 수 있도록 한다.

#### 3. 테마별 지원

테마별 지원은 발생하는 유해인자가 유사한 산업으로 분류하여 실시되어야 하므로, 사업장은 표준산업분류에 따라 분류하여 대상 pool을 정한다. 현재 한국표준산업분류(Korean Standard Industrial Classification, KSIC)는 제10차 개정분류를 사용하고 있으므로, 신규 연계표를 작성하여 기존의 산업분류표에서 변경되거나 통합된 분류들을 확인한다. 표준 산업 직군에 맞춰 대분류, 소분류, 세분류로 나누어 각각에 맞는 작업환경관리, 보건관리 등에 대한 교육자료 등을 제공한다. 예를 들어 인쇄업의 경우 인쇄 및 기록매체 복제업으로 중분류되며, 인쇄 및 인쇄관련 산업은 소분류, 인쇄업, 인쇄

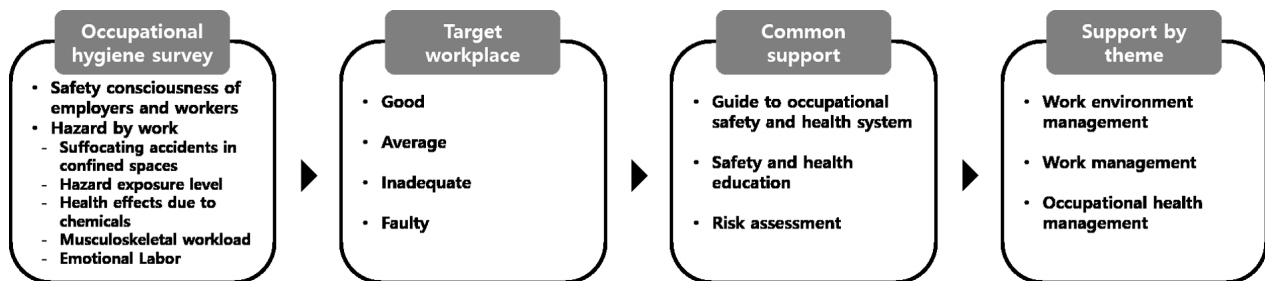


Figure 1. Procedure for operating existing the private consignment business in the health sector



Wear Dust Mask



Caution-Hazardous Area

Figure 2. Example of pictogram used in workplace

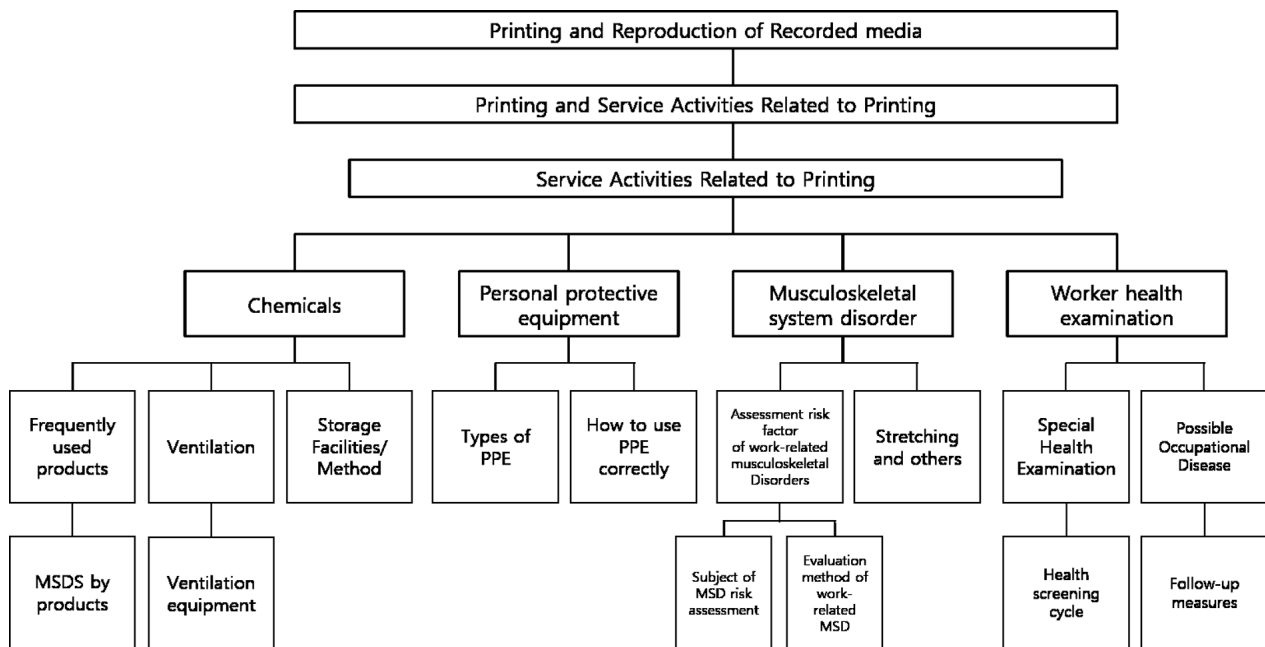


Figure 3. Example of health education materials provided through printing industry classification

관련 산업은 세분류되므로 산업별 유해위험요인에 맞는 자료를 애플리케이션으로 제공한다(Figure. 3).

대상 Pool을 정한 후, 대면조사를 통한 사전평가를 실시한다. 평가는 보건관리 기술지원사업과 동일한 방식으로 진행한다. 보건관리 기술지원사업 실태평가 체크리스트를 작성하되 평가 사항은 소음, 진동, 온도, 환기 등으로 구성된 작업환경 유해인자별로 내용을 다르게 하여 ‘양호’, ‘보통’, ‘미흡’, ‘불량’ 단계로 사전 분류한다.

사전 평가 결과 ‘미흡’, ‘불량’인 등급을 받은 소규모 사업장 사업주 및 작업환경관리 업무를 담당하는 관리자에게 ‘스마트 건강관리 서비스’ 애플리케이션을 안내하고, 스마트폰에 다운로드 받을 수 있도록 한다. 이후 소규모 사업장 관리자가 애플리케이션을 실행하여 소음, 온도, 진동 등을 측정할 수 있는 애플리케이션을 연동하고 설치할 수 있도록 한다.

애플리케이션을 통해 측정하여야 하는 작업환경 유해인자 종류는 현재 개발되어 있는 측정 애플리케이션을 위주로 선정한다. 유해인자를 측정할 수 있는 애플리케이션이 개발되어 있지 않은 경우 작업환경 유해인자 측정 목록에서 제외한다. 측정은 Android 또는 iOS 앱스토어 검색 시 다운로드 횟수가 가장 많은 애플리케이션을 위주로 이루어진다. 측정할 수 있는 애플리케이션

으로는 소음, 진동, 온도 및 진동이 있으며, 화학물질과 환기의 경우 안전보건공단에서 지원하는 URL을 표기하여 해당 사이트에 연결할 수 있게 한다. 관리자는 스마트폰 내의 ‘스마트 작업환경관리 서비스’ 애플리케이션을 이용하여 작업환경 유해인자를 측정하고, 해당 수치를 애플리케이션에 입력한다. 유해인자별로 측정된 정보를 바탕으로 작업장 환경 등급을 나눈다.

현재 스마트폰 애플리케이션으로 측정할 수 있는 유해인자로는 소음, 진동, 온도, 진동이 있으며, 위험성평가 지원시스템(Korea Risk Assessment System, KRAS) 및 안전보건공단 홈페이지 통해 화학물질, 환기 수준 등을 평가할 수 있다. 작업환경 유해인자 중 소음을 측정할 경우 산업안전보건법 시행규칙에 명시된 작업장 소음작업 노출기준을 참고하여 등급을 분류하였다. 측정은 Android 기반의 애플리케이션 경우 Abc Apps에서 개발된 ‘소음측정기 (Sound Meter)’를, iOS 애플리케이션의 경우 SkyPaw Co. Ltd에서 개발된 ‘Decibel X-dBA 소음계, 소음측정기’를 사용하여 이루어졌다. 애플리케이션으로 소음을 측정하였을 때 측정값이 80 dB 미만인 경우 ‘양호’ 등급으로 평가하였으며, 80 dB 이상 85 dB 미만인 경우 ‘보통’, 85 dB 이상 90 dB 미만인 경우 ‘미흡’, 90 dB 이상이거나 충격소음이 발생하는 작업장의 경우 ‘불량’ 등급으로 평가 내용을



**Table 1.** Noise evaluation criteria

Evaluation Grade	Evaluation contents
Good	If the measurement result from the application is less than 80 dB*
Average	If the measurement result from the application is more than 80 dB and less than 85 dB**
Inadequate	If the measurement result from the application is more than 85 dB and less than 90 dB <sup>†</sup>
Faulty	If the result measured by the application is more than 90 dB or in workplace where impulse noise is generated

\*80 dB : Time-Weighted Average(TWA)

\*\*85 dB : Criteria subject to special health examination

<sup>†</sup>90 dB : Criteria subject to work environment measurement**Table 2.** WBGT exposure levels guideline in Japan(Park, 2020)

WBGT exposure levels	WBGT values
Caution	The value is less than 25℃
Warning	The value is greater than or equal to 25℃ and lesser than or equal to 27℃
Stern warning	The value is greater than or equal to 27℃ and less than 31℃
Danger	The value is greater than or equal to 31℃

**Table 3.** High temperature exposure evaluation criteria

Evaluation Grade	Evaluation contents
Good	If workplace temperature is less than 25℃
Average	If workplace temperature is greater than or equal to 25℃ and lesser than or equal to 27℃
Inadequate	If workplace temperature is greater than or equal to 27℃ and less than 31℃
Faulty	If workplace temperature is greater than or equal to 31℃

정하였다. 각 소음값은 하루 8시간 작업 기준으로 80 dB, 85 dB, 90 dB를 평가 등급을 나누는 기준으로 설정하였는데, 이 값은 각각 작업환경측정 대상 기준, 특수건강진단 대상 기준, 소음 시간가중평균노출기준을 의미한다(Jang et al., 2012)(Table 1).

물리적 유해인자 중 하나인 고열 노출을 평가하기 위해서는 습구흑구온도(Wet-bulb Globe Temperature, WBGT)를 이용하여야 한다. 본 연구에서 사용된 애플리케이션은 yoshihito sakagami에서 개발한 'Heatstroke WBGT'으로, 안드로이드 스토어에 일본의 WBGT 규칙을 적용하고 있으므로 본 연구에서도 일본 규정에 맞게 WBGT 지수 기준을 적용하였다(Table 2). 일본에서는 WBGT 지수의 계산 시 습도에 가장 많은 가중치를 두고 있었으며, 노동강도에 따라 0에서 4단계로 등급을 나누었다. 0등급은 휴식을 취해야 하는 온도로 32~33℃에 해당하며, 1등급은 가벼운 인력작업 또는 산책이 가능한 온도로 29~30℃이다. 2등급은 지속적인 수작업, 손수레를 밀건 당기는 작업으로 WBGT는 26~28℃이어야 하며, 3등급의 경우 중량물 운반, 격렬

한 작업이 가능한 온도로 22℃에 해당한다. 4등급은 매우 격렬한 작업이 이루어져야 하는 온도로 18℃에 해당한다(Ahn et al., 2013). 일본의 WBGT 지수 등급에 따라 25℃ 미만에 해당할 경우 '양호', 25℃ 이상 27℃ 이하인 경우 '보통', 28℃ 이상 31℃ 미만인 경우 '미흡', 31℃ 이상일 경우 '불량'으로 부여된다(Table 3).

눈에 피로를 줄여주기 위해서 작업형태별로 적당한 조도를 확보하는 것이 중요하다. 그러나 소규모 사업장은 업종이 매우 다양하므로 관리자들이 직접 애플리케이션을 가지고 측정할 때 어려움이 있을 수 있다. 그러므로 본 모델은 산업안전보건기준에 명시된 조도 기준을 참고하여 보통작업, 정밀작업으로 나누어 평가 등급을 분류하였다(Table 4). 애플리케이션은 Android 기반 애플리케이션의 경우 유용한앱소프트에서 개발한 '조도계(생활 조도계, 난조 조도계, Lux 측정기)'을 이용하고, iOS 기반 앱의 경우 Nipakul Butta에서 개발한 'LUX Light Meter Free' 앱을 이용하여야 한다. 앱을 사용하여 측정한 결과, 보통작업일 경우 보통작업 조도 기준인 150럭스(lux)를 초과하면 '양호' 등급을 부여한

**Table 4.** Recommended levels of illumination under local rule on occupational safety and health standard

Types of works	Standard illumination levels
Ultra precision work	more than 750 lux
Precision work	more than 300 lux
Normal work	more than 150 lux
Other work	more than 75 lux

다. ‘불량’ 등급의 경우 미국 산업보건분야에서 사용하고 있는 ‘Action level’의 개념을 도입하였다. 즉, 측정 결과 작업면 조도거 150 lux의 50% 값인 75 lux 이하일 때 불량으로 평가한다. ‘보통’ 등급은 150 lux의 75%(113 lux) 초과 150 lux 이하일 때 부여되고, ‘미흡’ 등급은 75 lux 초과 113 lux 이하일 때 부여된다 (Table 5). 마찬가지로 정밀작업의 경우에도 보통작업과 똑같이 평가 등급을 부여한다. 작업면 조도가 정밀작업의 조도기준인 300 lux를 초과 시 ‘양호’, 300 lux의

50% 수치(Action level)인 150 lux 이하일 때 ‘불량’, 225 lux(300 lux의 75%) 초과 300 lux 이하일 때 ‘보통’, 150 lux 초과 225 lux 이하일 때는 ‘미흡’ 등급을 부여한다(Table 6).

화학물질은 안전보건공단에서 지원하는 ‘위험성평가 지원시스템(KRAS)’ 홈페이지와 연동하여 평가를 진행한다. KRAS는 화학물질 추가 및 위험성평가를 실시하여 위험성평가 추정 및 결정을 할 수 있도록 서비스를 제공하여준다. 소규모 사업장 관리자는 사용하는 화학물질에 대한 물질안전보건자료를 이용하여 공정명, 화학물질명, 성상 등을 입력하여 결과 점수를 도출한다. 결과 점수는 1점에서 16점까지 나오며(Table 7), 화학물질 위험성평가 계산 결과 위험성 수준을 참고하여 본 모델에 맞게 평가 기준 명칭을 바꾸었다. 결과 점수가 1~2점인 경우 ‘양호’, 3~4점인 경우 ‘보통’, 6~9점인 경우 ‘미흡’, 12~16점인 경우 ‘불량’ 등급을 부여한다 (Table 8).

**Table 5.** Illumination level evaluation criteria at normal work

Evaluation Grade	Evaluation contents
Good	If the measurement result from the application is greater than 150 lux*
Average	If the measurement result from the application is greater than 113 lux** and 150 lux or less
Inadequate	If the measurement result from the application is greater than 75 lux† and 113 lux or less
Faulty	If the result measured by the application is equal to or less than 75 lux

\*150 lux : Standard illumination level at normal work

\*\*113 lux : 75% value of 150 lux

†75 lux : Applying action level which is 50% of 150 lux

**Table 6.** Illumination level evaluation criteria at precision work

Evaluation Grade	Evaluation contents
Good	If the measurement result from the application is greater than 300 lux*
Average	If the measurement result from the application is greater than 225 lux** and 300 lux or less
Inadequate	If the measurement result from the application is greater than 150 lux† and 225 lux or less
Faulty	If the result measured by the application is equal to or less than 150 lux

\*300 lux : Standard illumination level at precision work

\*\*225 lux : 75% value of 300 lux

†150 lux : Applying action level which is 50% of 300 lux

**Table 7.** Determination of the risk level CHARM(Kim & Byeon, 2018)

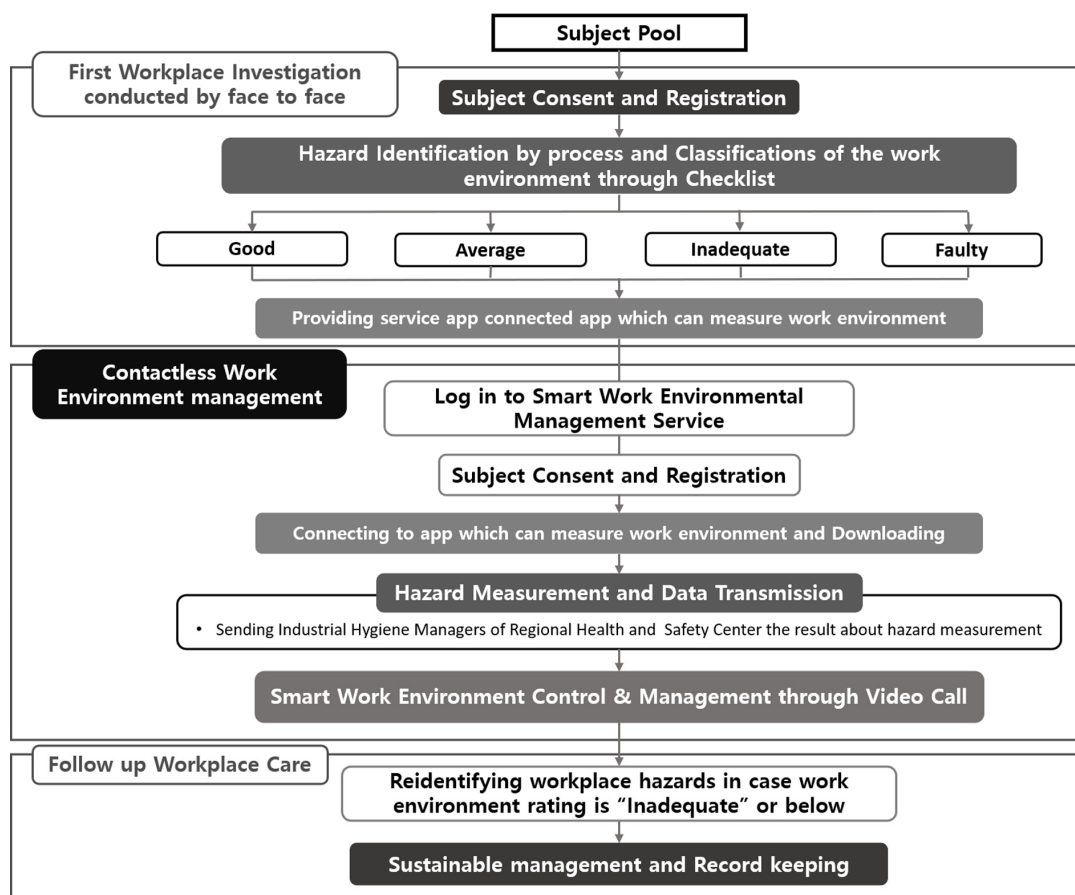
Evaluation Grade	Exposure level					Risk	
	1	2	3	4	calculated	level	description
Good	1	2	3	4	1, 2	1	low risk
Average	2	4	6	8	3, 4	2	medium risk
Inadequate	3	6	9	12	6, 8, 9	3	high risk
Faulty	4	8	12	16	12, 16	4	very high risk

**Table 8.** Determination of the risk level CHARM evaluation criteria

Evaluation Grade	Evaluation contents
Good	If the result score is 1 to 2 points
Average	If the result score is 3 to 4 points
Inadequate	If the result score is 6 to 9 points
Faulty	If the result score is 12 to 16 points

**Table 9.** Smart ventilation management evaluation criteria

Evaluation Grade	Evaluation contents
Good	If the workplace evaluation result is “Good”
Average	If the workplace evaluation result is “Slightly Good”
Inadequate	If the workplace evaluation result is “Bad”
Faulty	If the workplace evaluation result is “Pretty Bad” or “Extremely Bad”

**Figure 4.** Smart work environment management service operation procedure

환기 평가는 안전보건공단에서 실시하고 있는 “스마트 환기관리 평가도구(코-숨)” 사업과 연계하여 평가한다. 스마트 작업환경관리 서비스 앱 내에 해당 사업 페이지 주소를 표기하여 사업장에서 필요할 때마다 해당

페이지에 접속할 수 있도록 한다. 코-숨 페이지에서는 작업장 체적, 작업자 수, 일 평균 작업시간, 업무 유형에 따른 활동도 등의 입력을 통해 작업 공간 환경 평가 결과를 나타낸다. 작업 공간 평가는 ‘ 좋음’, ‘약간 좋음’,

‘나쁨’, ‘상당히 나쁨’, ‘지극히 나쁨’으로 등급이 나뉘어진다(MoEL, 2020). 이러한 평가 등급은 본 모델에서 사용하는 등급으로 구분되었다. 코-숨을 통한 작업 공간 평가 결과가 ‘ 좋음’일 경우 ‘양호’, ‘약간 좋음’일 경우 ‘보통’, ‘나쁨’일 경우 ‘미흡’, ‘상당히 나쁨’ 이상일 경우 ‘불량’으로 등급을 분류하였다(Table 9).

유해인자를 측정한 결과는 애플리케이션에 입력하여 각 지역별 보건안전센터 산업위생 담당자에게 전송하도록 한다. 평가 결과가 ‘미흡’ 또는 ‘불량’일 경우 각 사업장 관리자는 애플리케이션을 통해 보건안전센터 산업위생 담당자와 영상 통화를 진행한다. 영상 통화를 통해 사업장 관리자는 산업위생 담당자로부터 관리가 필요한 부분 및 지속적인 관리 방법에 대한 조언을 들을 수 있도록 한다. 영상 통화에 의한 관리가 불가능하거나 온라인으로 지도를 받았음에도 불구하고 작업환경 상태가 계속해서 ‘미흡’ 또는 ‘불량’ 등급일 경우 추후 보건안전센터 담당자가 직접 현장에 방문하여 작업환경관리 지도를 하도록 한다. 보건안전센터는 애플리케이션을 통해 측정된 데이터를 관리하고 처리하는 서비스를 제공하기 위해서 개설되어야 하는 센터로, 본 논문에서 가칭되었다. 또, 적정 작업환경 수준을 유지하기 위해 스마트 작업환경관리 서비스 앱을 지속적으로 이용하도록 유도한다. 작업환경측정 내용은 애플리케이션 내에 DB 형태로 기록 및 저장하고, 지속적으로 작업환경 개선 여부를 확인한다(Figure. 4).

#### IV. 고 찰

국외에서는 아직까지 앱을 이용한 소규모 사업장 작업환경관리 사례는 없다. 미국, 영국, 독일 등에서는 현재 우리나라와 소규모 사업장 작업환경관리 형태가 다르므로, 해당 제도를 참고하여 서비스 모델에 적용하면 더 효과적으로 작업환경관리가 가능할 것이다.

미국에서는 고위험산업단지 중소규모 사업장을 대상으로 컨설팅 프로그램 무료로 지원하고 있다. 해당 사업은 대행기관 또는 대학교에서 컨설턴트가 사업주와 함께 유해위험요인을 파악하고 OSHA의 규제를 이행하는 방법을 조언한다. 이를 통해 사업주는 위험을 인지하고, 스스로 작업환경을 개선할 수 있게 된다. 2012년부터 1년간 총 19,976개소에 컨설팅 프로그램을 지원하였으며, 지원받은 1~25인 사업장이 50% 이상으로 가장 많

았다(KOSHA, 2013c). 우리나라에서도 컨설팅 프로그램이 있지만 이는 모두 유료이므로, 해당 애플리케이션을 무료로 배포하여 많은 사업장에서 사용할 수 있도록 지원할 수 있도록 한다. 또한, 산업위생 담당자도 영상 통화를 통해 작업환경측정만 하는 것이 아니라 사업주가 위험을 스스로 인지할 수 있도록 지도까지 해주어야 한다.

영국에서는 재해 예방을 위해 소규모 사업장에 적어도 1명의 안전보건 담당자를 임명하여야 한다. 또, 정부측에서는 소규모 사업장을 위한 지원을 따로 마련하여 작업활동에 따른 위험성과 관련된 안전보건제도를 준수하는 방법을 이해하기 쉽게 교육할 수 있도록 한다(KOSHA, 2013b). 영국에서의 소규모 사업장 지원 사업은 국내에서 실시하고 있는 안전보건 기술지원사업과 유사하다. 그러므로 국내 기술지원사업의 제한점을 보완하여 모델을 개발하여야 한다.

독일의 경우 중소규모 사업장에서 위험성평가를 많이 시행하도록 산업안전보건 조직을 개선하였다. 전체 10인 이하 사업장에서 위험성평가를 실시한 사업장의 비율이 42%이었다. 또한, 독일 내 사업장 업종이 세분화되고 중소규모 사업장이 늘어남에 따라 사업장 감독방법을 개선하였다. 체크리스트를 활용한 관리감독은 다양하고 사업주에게 자문을 제공하는 것으로 확대하였으며, 기존 감독업무를 유지하면서 사업장 안전보건 코디네이터 역할을 수행한다(KOSHA, 2013a). 직접 방문하여 자문을 제공하는 것은 사업주 또는 관리자가 애플리케이션 내용을 제대로 이해하고, 성의 있게 답변하는 것을 유도할 수 있다. 본 연구에서 제안된 모델은 비대면으로 이루어지는 것이 주된 목적이므로, 직접 자문을 통한 작업환경관리보다 관리가 제대로 이루어지지 않을 수 있다.

본 모델에서 제안하는 애플리케이션은 한정된 수의 유해인자를 측정할 수 있다. 즉, 다른 유해인자에 대한 작업환경측정은 불가하여 소규모 작업장의 제한된 관리가 우려된다. 이러한 문제를 예방하기 위해 유해인자 측정이 가능한 센서를 사업장에 배포하여 스마트폰에 연동할 수 있도록 시스템을 구축하여야 한다. 또한, 스마트폰으로 측정하기 때문에 정확성이 다소 떨어질 수 있다.

소음 애플리케이션을 이용하여 소음을 측정한 선행연구에서는 측정앱의 정확도 면에서 iOS 기반 앱이 Android



기반 앱보다 성능이 우수하였으며, iOS 애플리케이션 중 SLA Lite 앱으로 측정하였을 시 실제 소음 수준의  $\pm 1$  dB 이내로 측정되었다고 하였다. 다만, 샘플 측정 횟수가 많을 경우 iOS 기반 앱이 아닌 Android 앱인 Soundmeter 앱이 비교적 양호한 성능을 보인다고 하였다(Murphy & King, 2016).

WBGT 측정 애플리케이션(Weather FX)과 WBGT monitor를 이용한 측정값을 비교한 선행연구에서는 애플리케이션을 통해 측정하였을 경우 실제 WBGT보다 높게 측정되었다(Tripp et al., 2020). 또한, Android에서는 WBGT를 측정할 수 있는 애플리케이션이 없으며, 본 연구에서 사용한 앱은 일본의 기준치로 고열작업을 나누고 있으므로 국내 고열기준을 적용한 앱이 개발되어야 한다.

조도는 Android 폰의 경우 전면 카메라 근처의 광센서를 통해 앱으로 측정이 가능한 반면, iOS 앱은 후면 카메라에서 제공하는 교환 가능한 이미지 파일 형식을 통해 측정이 이루어진다. 각 측정기술의 특성상 광센서를 이용하여 측정하는 Android 앱의 측정이 iOS 앱보다 우수하다(Cerqueira et al., 2017). 스마트폰 운영체제에 따라 측정 정확도가 상이하므로, iOS에서 정확하게 측정할 수 있는 애플리케이션을 개발하거나 광센서를 탈부착할 수 있는 제품의 개발이 필요하다.

앱과 실제 측정값의 정확도 차이로 인해 본 연구에서는 현장 측정을 실시하지 않았다. 스마트폰의 운영체제마다 정확하게 측정할 수 있는 유해인자가 다르며 실제 측정값과 차이가 있으므로, 보정 기능이 있는 개발하여야 한다. 또한, 진동의 경우 측정 애플리케이션이 개발되어 있지만, 이는 모두 지진을 감지하기 위한 앱이며 단위 또한 수정 메르칼리 등급을 사용하고 있다. 따라서, 작업환경측정을 위해서는 영국의 보건안전청 노출 기준 단위인 가속도( $m/s^2$ )의 값을 측정할 수 있는 앱이 개발되어야 한다.

현재 애플리케이션을 통해 측정할 수 있는 유해인자로는 소음, 습구흑구온도, 조도가 있으며, 각 유해인자별로 측정하는 애플리케이션이 다르다. 이는 스마트폰에 많은 애플리케이션을 다운로드하여야 하므로 사업주를 번거롭게 만든다. 또한, 측정결과를 ‘스마트 작업환경관리 서비스’ 앱에 옮겨 적어야 하므로 사업주에게 수고로움을 유발한다. 이러한 번거로움을 줄이기 위해선 작업환경측정 결과를 한 번에 정리 및 통합 관리할 수 있는 애플리케이션이 개발되어야 한다.

## V. 결 론

본 연구는 소규모 사업장 작업환경관리를 위한 애플리케이션 모델을 제안하기 위해 수행되었다. 이 모델은 안전관리자 또는 보건관리자 같은 안전보건 관련 전문인력을 고용하기 어려운 소규모 제조업 사업장에서 쉽게 작업장 안전보건 실태를 파악할 수 있도록 고안되었다. 사업주는 스마트폰 앱을 사용하여 안전보건교육을 받는 것은 물론, 작업환경측정을 스스로 실시할 수 있다. 신종 코로나바이러스로 인한 팬데믹 상황에서 직접 방문을 통한 작업환경측정이 어렵기 때문에 새로운 비대면 작업환경측정 방안의 강구가 필요한 시점이다. 본 연구에서 제안하는 앱을 사용하면 기본적인 유해인자에 대해 누구나 쉽게 자체적으로 작업환경 상황을 진단할 수 있으며, 이로 인해 작업환경측정에 참여하는 소규모 사업장 수도 증가할 것으로 예상된다. 또한, 실시간으로 작업환경 측정에서 관리까지 이어지는 본 체계를 통해 현재 관리가 제대로 이루어지지 않는 국고 사업의 한계를 보완할 것이다. 현재 유해인자 측정 앱은 유해인자별로 개발이 되어있는데, 이는 통합 관리를 어렵게 만든다. 해당 모델 제안을 통해 작업장에서 발생하는 모든 유해인자들에 대해 통합 모니터링이 가능한 작업환경측정 애플리케이션의 개발이 향후 요구되는 바이다.

## 감사의 글

본 결과물은 2020년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구(NRF-2020R1A6A1A03042742)와 농림축산식품부의 재원으로 농림기술기획평가원의 농생명산업기술개발사업(과제번호: 319115-02-2-SB010)의 지원을 받아 연구되었습니다.

## References

- Ahn TM, Lee JW, Kim BR, Yoon HS, Son SW et al. An analysis of thermal comforts for pedestrians by WBGT measurement on the urban street greens. *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture* 2013;41(3):22-30
- Cerqueira D, Carvalho F, Melo RB. Is it smart to use smartphones to measure illuminance for occupational health and safety purposes?, *Appl Hum Factors Ergon Conf* 2018;604:258-268

- Choe HR. A proposal-Work environment measurement and occupational health services fees. Korea Industrial Health Association 2013;305:2-5
- Choi SJ. Assessment on work environment monitoring program in Korea. J Korean Soc Occup Environ Hyg 2008;18(4):282-292
- Health and Safety Executive(HSE). The control of vibration at work regulations 2005 [cited 2021 Apr 29]. Available from: <https://www.hse.gov.uk/vibration/wbv/regulations.htm>
- Jang JK, Kim KB, Park HH. Development of applicable health management manual for construction business(II)-civil engineering projects-. Occupational Safety and Health Research Institute(OSHRI).; 2012
- Kim JY. A proposal-Policy direction to create a healthy workplace in covid-19 situation. Korea Industrial Health Association 2020;385:6-8
- Kim MU, Byeon SH. Evaluation of a chemical risk assessment method of south korea for chemicals classified as carcinogenic, mutagenic or reprotoxic (CMR). Int J Occup Med Environ Health 2018;31(4): 491-501
- Korea Occupational Safety and Health Agency(KOSHA). [Germany] Occupational safety and health system and activities 2013a [cited 2021 Apr 30]. Available from: [https://www.kosha.or.kr/kosha/data/activity\\_C.do?mode=view&articleNo=257715&article.offset=0&articleLimit=10](https://www.kosha.or.kr/kosha/data/activity_C.do?mode=view&articleNo=257715&article.offset=0&articleLimit=10)
- Korea Occupational Safety and Health Agency(KOSHA). [UK] Occupational safety and health system and activities 2013b [cited 2021 Apr 30]. Available from: [https://www.kosha.or.kr/kosha/data/activity\\_C.do?mode=view&articleNo=257717&article.offset=0&articleLimit=10](https://www.kosha.or.kr/kosha/data/activity_C.do?mode=view&articleNo=257717&article.offset=0&articleLimit=10)
- Korea Occupational Safety and Health Agency(KOSHA). [United States] Occupational safety and health system and activities 2013c [cited 2021 Apr 30]. Available from: [https://www.kosha.or.kr/kosha/data/activity\\_C.do?mode=view&articleNo=257716&article.offset=0&articleLimit=10](https://www.kosha.or.kr/kosha/data/activity_C.do?mode=view&articleNo=257716&article.offset=0&articleLimit=10)
- Korea Occupational Safety and Health Agency(KOSHA). 2018 Analysis of Industrial Accident Status.; 2019
- Korea Occupational Safety and Health Agency(KOSHA). 2019 Analysis of Industrial Accident Status.; 2020
- Korea Occupational Safety and Health Agency(KOSHA). Guide of person in charge of safety and health management appointment.; 2017
- Korea Occupational Safety and Health Agency(KOSHA). Private consignment business in health sector 2021 [cited 2021 Apr 27]. Available from: [https://kosha.or.kr/kosha/business/servicesafety\\_l.do](https://kosha.or.kr/kosha/business/servicesafety_l.do)
- Lee CH. Development of the standards(guidelines) for occupational health service in the special agency of occupational health management. Occupational Safety and Health Research Institute(OSHRI).; 2016
- Local Rule on Occupational Safety and Health Standard Article 8
- Ministry of Employment and Labor(MoEL). 2018 work environment measurement outcome report, 2018. [cited 2021 Apr 27]. Available from: [https://www.moel.go.kr/info/public/publicDataView.do?bbs\\_seq=20200200123](https://www.moel.go.kr/info/public/publicDataView.do?bbs_seq=20200200123)
- Ministry of Employment and Labor(MoEL). KOSHA smart ventilation management business, 2020. [cited 2021 Apr 29]. Available from: [http://www.moel.go.kr/news/enews/report/enewsView.do?news\\_seq=11375](http://www.moel.go.kr/news/enews/report/enewsView.do?news_seq=11375)
- Murphy E, King EA. Testing the accuracy of smartphones and sound level meter applications for measuring environmental noise. Applied Acoustics 2016;106: 16-22
- Park JH. Severe heat at workplaces in Japan and countermeasures. International Labor Brief 2020; 18(8):63-71
- Tripp B, Vincent HK, Bruner M, Smith MS. Comparison of wet bulb globe temperature measured on-site vs estimated and the impact on activity modification in high school football. Int J Biometeorol 2020;64: 593-600

## <저자정보>

안우주(대학원생), 김기연(교수)