JESK J Ergon Soc Korea 2017; 36(6): 677-691
http://dx.doi.org/10.5143/JESK.2017.36.6.677
http://jesk.or.kr eISSN:2093-8462

Development Trends of Smart Personal Protective Equipment for Agricultural Health and Safety

Hye Seon Chae, Myung Sun Ko, Hyo Cher Kim, Kyung Su Kim, Dong Phil Choi, Kyung Ran Kim, Kyung Suk Lee

National Institute of Agricultural Science, Rural Development Administration, Jeonju, Korea, 54875

농업인에 적용 가능한 스마트 개인보호장비 개발 동향 분석

채혜선, 고명선, 김효철, 김경수, 최동필, 김경란, 이경숙

농촌진흥청 국립농업과학원

Corresponding Author
Myung Sun Ko
National Institute of Agricultural Science,
Rural Development Administration,
Jeonju, Korea, 54875
Mobile : +82-10-3332-7360
Email : heimdal@korea.kr

Received : September 26, 2017
Revised : October 09, 2017
Accepted : November 27, 2017

Copyright@2017 by Ergonomics Society of Korea. All right reserved.

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.

Objective: The purpose of this study is to clarify the implications of development of smart personal protective equipment which can enhance occupational safety for farmers through development trend and development case analysis of smart personal protective equipment (SPPE) applicable to agriculture sector.

Background: Most of the farmers work alone in the open far away from home, so their geographical accessibility is low, which may lead to serious disasters due to delayed response in case of an accident. Therefore, it is expected that the life - friendly service that can cope with accidents in rural areas and the spread of work safety equipment using ICT and IOT will improve the welfare of farmers scientifically and efficiently.

Method: Patents were searched by year of application from 1990 to 2016 using the New WIPS ON patent information database. Among collected 268 data, 150 valid patents for quantitative trend analysis. Using Google, the prototypes or commercialized products for smart personal protection devices were searched. And a selection of 16 cases of products applicable to the agricultural safety sector was chosen and discussed.

Results: The patent applications of smart personal protection equipment, which combines ICT and IoT technologies, have progressed most recently and have been declining since 2012. Only about 31% of the 150 selected valid patents tended to match the body's wear and protection areas. The smart personal protection equipment uses various biometric information from the combination of devices to allow the wearer to voluntarily recognize danger or escape from danger.

Conclusion: The research and development of the Rural Smart Personalization Equipment for Preventing Farming and Disaster Prevention should be established in the Rural Community and the cooperative management system for the safety inspection and crisis responses in the rural communities.

Application: The commercialization of smart personal protective equipment and the application of agriculture sector are difficult to solve, but it is expected that it will be a breakthrough in raising industrial disaster response ability in agriculture in the blind spot.

Keywords: Personal protective equipment, PPE, Smart, ICT, IoT, Farmer

1. Introduction

농업인의 업무상 재해율은 전체 산업평균 재해율보다 약 1.8배 더 높고(Ministry of Employment and Labor, 2016), 4일 이상의 휴업이 발생한 농작업관련 손상률은 약 3%에 달하는 것으로 보고되고 있다(Chae et al., 2014). 농업인구의 고령화와 여성화에 따른 농작업 부담의 증가와 농기계 사용량의 증가는 농업활동으로 인한 인적 재해 발생 가능성을 높이는 요인 중의 하나로 꼽히고 있다. 농작업장은 통제가 어려운 자연환경으로서 물리적, 화학적, 생물학적, 인간공학적 유해요인들이 존재하는 곳으로, 농업인들 대다수는 집에서 멀리 떨어진 논이나 밭에서 홀로 작업하는 경우가 많기 때문에 사고 발생 시 적절한 대응이 늦어져 중대 재해로 이어질 수 있다. 다양한 작업관련 손상과 질병 발생을 줄이기 위한 해결책 중의 하나는 작업의 편이성을 돕는 장비나 유해·위험요인으로부터 안전하게 보호하는 보호장비를 사용하는 것이다.

농작업용 편이장비와 보호장비의 연구 및 개발에 대한 노력은 농촌진흥청을 중심으로 추진되고 있으며, 이러한 편이장비와 보호장비는 농작업 안전모델 시범사업이나 농작업 환경개선 편이장비 지원사업을 통해 일부 지역의 농업인에게 보급되고 있다. 또한 2015년 농작업으로 인해 발생하는 농업인과 농업근로자의 부상, 질병, 장해 또는 사망을 보상하기 위한 「농어업인의 안전보험과 안전재해 예방에 관한 법률」이 제정됨으로써 농업분야 종사자의 직업적 복지를 제도적으로 확보할 수 있게 되었다. 그러나 법률의 시행과 더불어 농업인용 편이장비나 개인보호장비에 대한 수요가 증가하였음에도 불구하고 관련분야의 연구 개발과 시장 형성은 일반산업용에 비하면 매우 미흡한 실정이다. 야외 작업으로 인한 자외선 노출, 가축을 취급하면서 발생하는 안전사고와 감염 등 농작업의 특수성을 고려한 작업복, 작업화, 보안경 등 안전장비의 경우 국내에서 판매되는 제품이 거의 없어 우리나라 농업인에게는 구매 접근성이 매우 낮은 편이다.

개인보호장비(Personal protective equipment)는 방음보호구(Hearing protection), 호흡보호구(Respiratory Protection), 눈보호구(Eye Protection), 발보호구(Foot Protection), 손보호구(Hand Protection), 머리보호구(Head Protection), 신체보호구(Body Protection), 추락보호구(Fall Protection)를 포함하며, 작업관련 손상과 질병의 위험으로부터 작업자를 보호하는 용도로 사용된다. 농작업자를 위한 개인보호장비 관련 국내의 선행연구들은 농약방제복을 포함한 농작업복 개발(Kim et al., 2016; Oh et al., 2014; Lee et al., 2011; Hwang et al., 2010; Chae et al., 2012), 작업의자 개발(Chae et al., 2010), 전동가위를 포함한 손도구 개발(Chae et al., 2011; Chae et al., 2012; Lee et al., 2014; Lim et al., 2014a; Lim et al., 2016b), 농작업화 개발(Lee et al., 2016), 보호장갑 개발(Chae et al., 2012) 등이 있으며, 저비용으로 생산 가능한 무동력 장비나 보호복을 기반으로 한 작업안전과 편이 증진의 효과를 도모하는 연구들이 대부분이다. 국외의 경우 보호복 소재의 기능성에 중점을 든 연구가 많았다. Ingvar HOLMÉR (2006)가 고온환경을 위한 개인보호복을 개발하였고, Wells Lamont사에서는 가시찔림을 방지하기 위한 가죽장갑을 개발하였다(Wells Lamont, 2010). 또한 DuPont사의 경우 농약방제나 축사에서 사용 가능한 보호복인 Tyvek과 Tychem 시리즈를 꾸준히 개발하여 판매하고 있다.

최근 개인보호구 관심분야 중의 하나는 '스마트 개인보호장비(Smart Personal Protective Equipment, SPPE)'나 '스마트 개인보호 시스템(Smart Personal Protective Systems, SPPS)'이다. 국외의 경우 EU나 정부의 지원을 받은 회사들이 SPPE나 SPPS를 개발하고 있으며, 착용자의 위치 확인과 통신장비, 신체기능과 환경 모니터링 센서, 신체와 외부온도를 측정함으로써 필요시 냉각과 발열 요소, 응급 멈춤 기능으로 작동하는 Active PPE(예, 레이저 장치, 체인톱), 눈에 잘 띄게하는 발광 소재 개발 등이 주요 연구 영역으로 자리잡고 있다(Kommission Arbeitsschutz und Normung, n.d.). 유럽위원회(European Commission)에서는 위험직업 종사자를 위한 스마트 개인보호장비 개발 프로젝트를 지원하고 있는데, 소방관의 업무상 위험 경감을 위한 Smart@fire라는 프로젝트에서 혁신적인 ICT 솔루션을 스마트한 개인보호 시스템에 통합하는 것을 목적으로, 환경변수와 신체기능을 측정하는 센서, 위치 인식 시스템, 데이터 전송과 시각화 시스템 등을 핵심 기술로 사용하고 있으며(Smart@fire, n.d.), 어업인용 보호복 개발을 위한 Safe@sea 프로젝트를 통해서는 작업자가 배 밖으로 떨어졌는지를 감지하는 센서가 부착되어 있는 재킷, 바지, 장갑 등 다양한 어업 종사자 보호복을 개발하였다(European Commission, n.d.). 미국의 NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health)는 지난 40년 동안 변하지 않는 안전모의 디자인을 개선할 목적으로, 두뇌손상 방지를 위해 머리의 뒤와 옆면을 강화하고 구글 글래스(Google Glass)와 같은 안전 센서, 무선 카메라, 3D visor을 이용하는 스마트 안전모를 개발 중이다(Laborers' Health and Safety Fund of North America, 2016). 국내의 농업분야 스마트 개인보호장비 관련 연구는 Kim et al. (2016)에 의한 ICT 융합을 기반으로 농업활동으로 인해 발생하는 안전사고 모니터링 시스템 모델을 제안한 연구가 유일하다.

차세대 개인보호복을 포함한 스마트 안전장비와 시스템은 작업자의 사고를 줄이고 위험한 상황에 신속하게 대응할 수 있는 솔루션으로 인식되고 있다(Kwon and Kim, 2014; Lee, 2014; Lee et al., 2016). 지리적 접근성이 낮고, 농촌인구의 고령화로 독거노인과 나홀로 작업자가 많아 안전 재해의 사각지대인 농촌지역에서 발생하는 사고에 신속 대응할 수 있는 생활밀착형 서비스와 ICT와 IoT를 활용한 작업안전 장비의 보급은 과학적이고 효율적으로 농업인의 복지를 증진하는 효과를 기대할 수 있을 것이다.

본 연구에서는 농업분야에 적용 가능한 스마트 개인보호장비의 특허 동향과 상용화를 위한 개발 사례 분석을 통해 농작업관련 손상과 질병을 줄일 수 있는 첨단 보호장비의 연구 개발 방향 설정을 위한 시사점을 제시하고자 하였다.

2. Method

2.1 Patent search and data analysis related to smart personal protective equipment

스마트 개인보호장비 관련 특허 동향 분석을 위한 기술분류 기준은 사물인터넷(IoT) 융복합 작업자 보호 및 편의 증진장비로 설정하였다. 작업자 보호장비는 작업자 안전을 증대시키기 위해 센서, ICT 융복합, 사물인터넷 등 첨단 기술이 결합된 개인보호장비로, 작업자 편의장비는 작업의 편이성을 향상시키기 위해 센서, ICT 융복합, 사물인터넷 등 첨단 기술이 결합된 소형의 장비로 기술범위를 한정하였다.

특허 검색을 위한 핵심키워드로는 '작업자', '개인장비', '보호안전', '편이', '장비' 등을 바탕으로 국·영문 확장 키워드를 도출하고, 도출된 키워드를 바탕으로 해당 기술분류를 포함할 수 있는 검색식을 결정하였다(Table 1).

Table 1. Keywords and search formula of data collection

Keywords group	Expanded keywords	Search expression
Worker	Worker, laborer, farmer, work, person, people	((ICT IOT ((thing*) near3 (internet*)) ((inform* radio wireless) near2 (communicat*))) and ((worker laborer farmer (work* near2 (person people))) near5 ((protect* shelter safeguard safe* secur* convenience* hardiness* easiness* help*))).DSC.) and ((protect* adj3 cloth*) wear* clothe* dress* helmet* hat* mask* gloves* shoes* glasses* goggles* tool equipment* kit instrument apparatus)).KEY, CLA.)
ICT	ICT, IOT, internet, thing, information, radio, wireless, communication	
Personal equipment	Protect-clothe, wear, clothe, dress, helmet, hat, mask, gloves, shoes, glasses, goggles, tool, equipment, kit, instrument, apparatus	
Protect and safety	Protect, shelter, safeguard, safe, secure	
Convenience	Convenience, hardiness, easiness, help	

특허 검색범위는 1990년 이후부터 2016년 5월까지 공개된 ICT, 센서 기술 등 첨단 기술을 융복합하여 작업자의 안전과 작업편이성 향상을 목적으로 하는 특허 분야에 한정하였다. 특허 검색 데이터베이스는 전 세계 특허 온라인 검색 서비스인 New WIPS ON을 이용하였다. 검색국가는 한국, 미국, 일본, 유럽, 중국을 포함하였으며, 분석 구간은 2016년 5월까지로 제한하였다. 특허 공개 및 등록된 자료 모두 검색범위에 포함하여 총 268건의 특허자료를 수집하였다. 이 중 기술요약서의 내용검토를 통해 IOT(ICT, 센서 등 첨단 기술 포함) 융복합된 작업자 보호, 안전 증진, 편의장비라는 기술 정의에 부합되는지를 확인하여 최종 분석에 사용할 유효특허 150건을 선별하였다(Table 2). 유효특허 150건에 대해서는 국가별 점유율 및 연도별 추이, 보호목적별로 구분된 국가별 점유율과 연도별 추이, 착용부위별 분포, 보호목적과 착용부위의 일치성에 대한 빈도 분석을 실시하였다.

Table 2. Number of valid patents

Criteria	Korea KIPO	Japan JPO	USA USPTO	China SIPO	EU EPO	Number of patents
Effective patent	72	10	57	8	3	150

2.2 Development of smart personal protective equipment applicable to farmers

대표적인 검색엔진인 구글(Google)을 이용하여 'smart protective equipment', 'smart protective clothing', 'smart protective footwear', 'smart protective gloves', 'smart exoskeleton' 등의 키워드로 스마트 개인보호장비의 시제품 제작을 완료한 연구 개발 결과나 상용화된 제품을 소개하는 홈페이지를 검색하였다. 2017년 4월 5일부터 5월 10일까지 관련 홈페이지에서 제공하는 정보를 이용하여 농업분야에 적용 가능한 16개의 스마트 개인보호장비 개발 사례를 선정하였다. 농업인 건강안전분야에 적용 가능한 스마트 개인보호장비 개발 사례는 일반적인 개인보호장비의 분류형태인 신체부위별 보호목적에 따라 분류하는 것이 불가능하였다. 따라서 이 연구에서는 두부 착용형, 의복형, 손/발 착용형, 외골격형으로 분류하여 개발목적과 주요기능을 중심으로 고찰하였다.

3. Results and Discussion

3.1 Patent trend of smart personal protection equipment

사물인터넷(IoT) 융복합 작업자 보호 및 편의 증진을 위한 스마트 개인보호장비의 전체 연도별 특허출원 건수는 1990년대 이후 2009년도까지 증가추세를 유지하다가, 2010년 이후에는 감소하는 추세를 나타냈다. 각 시장국별 출원 동향 비율은 관련 유효특허 150건 중 한국이 72건(48%)으로 가장 많은 출원을 진행하였으며, 다음으로 미국 57건(38%), 일본 10건(7%) 순이었다. 한국은 2004년도 출원 이후 증가추세를 유지하다 2010년에 감소한 후 다시 증가와 감소를 반복하는 경향을 보였고, 미국은 1990년대 이후 증가추세를 보이다가 2010년 이후부터 감소하는 추세를 나타냈다. 일본, 중국, 유럽의 경우 2000년대 초반에 출원 건수가 있다가 2007년 이후에는 드물게 나타나는 경향을 보였다(Figure 1).

유효특허의 보호목적별 개발 동향을 분석하기 위해 '착용자의 생체 상태', '외부환경', '전도 및 낙하', '안전지역 이탈', '착용자의 신체보호', '기타'로 구분하였다. '착용자의 생체 상태'는 생체신호와 같이 착용자의 상태를 파악해 대처하기 위한 경우, '외부환경'은 주변의 위험상황 또는 작업환경을 감시하여 대처하기 위한 경우, '전도 및 낙하'의 경우는 낙상이나 몸의 기울기 등 착용자의 물리적 상태를 감지하여 대처하기 위한 경우, '안전지역 이탈'은 착용자가 안전지역에 위치하는지 파악하는 경우, '착용자의 신체보호'는 센서의 검출값과 관계없이 특정 신체부위를 보호하기 위한 경우, '기타'는 부정확한 자세나 보호장비 착용여부 등을 감지하는 경우로 구분하였다. 유효특허 150건 중 '착용자의 생체 상태' 87건(58%)으로 가장 많았으며 '외부환경' 34건(23%), '전도 및 낙하' 14건(9%), '안전지역 이탈' 5건(3%), '착용자의 신체보호' 5건(3%), '기타' 5건(3%) 순이었다. 국가별로 살펴보면, '착용자의 생체 상태' 감지 부분은 미국 40건(27%), 한국이 35건(23%)이었고, 외부환경을 감지하는 기술은 한국 26건(17%), 미국 3건(2%), 일본 2건(1%), 중국 2건(1%), 전도 및 낙하 방지를 감지하는 기술은 미국 7건(5%), 한국 5건(3%)이었다(Figure 2).

보호목적별로 분류한 특허 개발의 연도별 추이를 살펴보았다. 우선 '착용자의 생체 상태' 감지 부분은 2003년부터 꾸준히 증가세를 유지하다 2010년 이후 감소한 후 다시 2012년 개발이 이루어져 증가추세를 나타냈다(Figure 3). 또한 '외부환경'을 감지하는 부분은 2001년부터 개발이 이루어지기 시작하여 2009년 이후 증가세를 유지하다 2011년 이후 서서히 감소하는 경향을 나타냈다(Figure 4).

'추락' 감지 부분은 2001년 개발을 시작으로 2007년 기점으로 증가세가 뚜렷해지다 2010년 이후 감소하는 경향을 나타냈다(Figure 5). '안전지역 이탈' 감지 부분은 2007년 개발 이후 2009년 2배로 개발이 급격하게 증가하다 이후 감소한 후 특허 수가 정체되는 경향을 나타냈다(Figure 6).

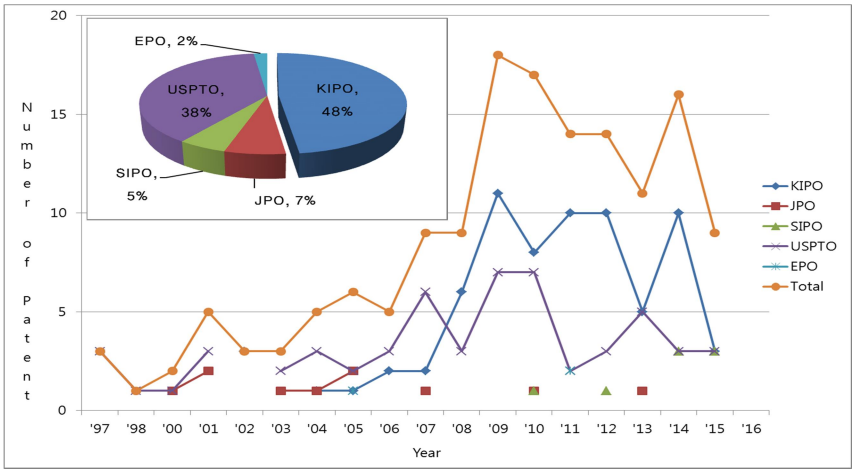


Figure 1. Patent trends by geography and year (n=150)

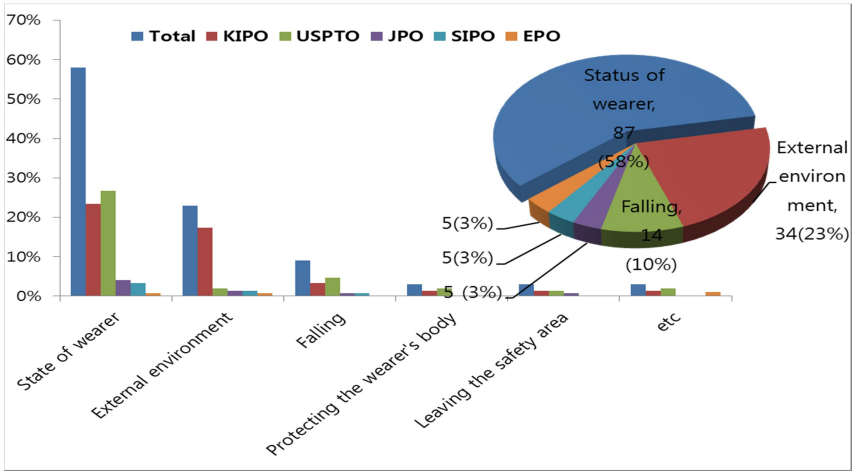


Figure 2. Shares of patents by geography in selected protection purpose types (n=150)

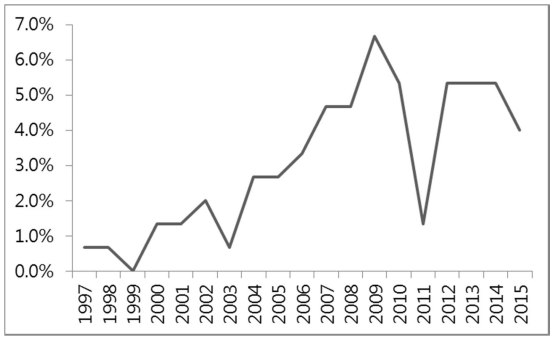


Figure 3. Patent trends by year for state of wearer (n=150)

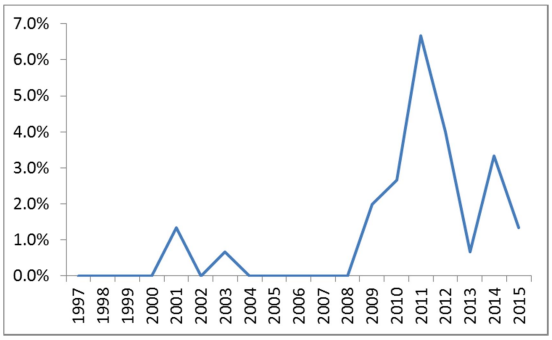


Figure 4. Patent trends by year for external environment (n=150)

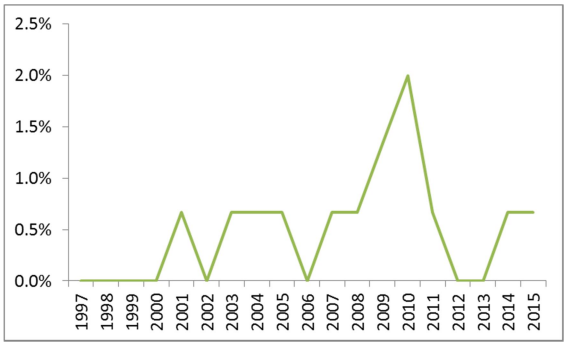


Figure 5. Patent trends by year for falling (n=150)

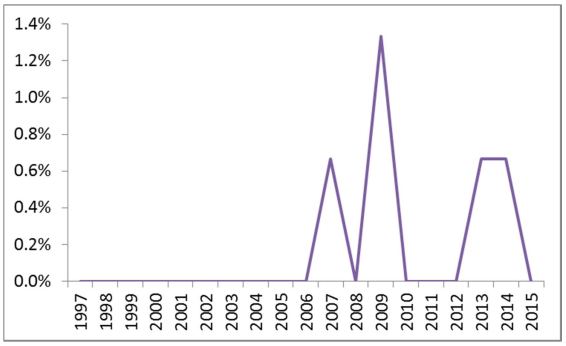


Figure 6. Patent trends by year for leaving the safety area (n=150)

신체착용 부위별로 전신, 머리, 몸통, 팔/손, 다리/발에 따라 분류하여 분석한 결과, 머리가 63건(42%)으로 가장 많았고, 몸통 43건(29%), 팔/손 30건(20%), 전신 10건(7%), 다리/발 4건(2%) 순으로 나타났다(Figure 7). 신체착용 부위와 해당 신체부위에 대한 보호목적의 일치성을 확인한 결과, 47건만이 보호목적과 일치하는 위험 요소로부터 해당 신체부위를 보호할 수 있는 것으로 분석되었다. 그 중 머리를 보호하는 목적의 개인보호장비가 23건(49%)으로 가장 많은 분포를 차지하였다(Figure 8).

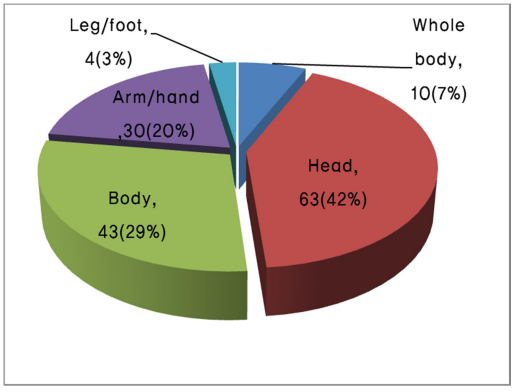


Figure 7. Distribution of patents by wearing body parts (n=150)

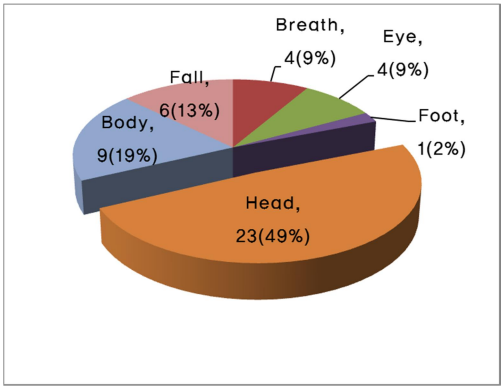


Figure 8. Distribution of patents having same body parts between wearing and protection (n=47)

3.2 Cases on the development of SPPE

인터넷 검색을 통해 농업분야에 적용 가능한 스마트 개인보호장비 개발의 대표적인 사례에 대해 두부 착용형, 의복형, 장갑 및 신발, 외골격형으로 구분하여 개발목적과 주요 특징을 고찰하였다.

3.2.1 Head wearing type

두부 착용형 스마트 개인보호장비의 개발 사례는 다음과 같다(Table 3). Maxlight weight smart multi helmet (Table 3(a))은 최적의 보호기능을 가지는 경량의 면체로서 용접, 연마 작업을 포함하여 다양한 작업장에서 활용 가능하며, 필요시 통신, 알람, 타이머 기능을 제공

한다(PINUP Design Awards, 2016). 오스트리아에서는 기존의 안전모 내부에 데이터 수집 유니트를 땀흡수 밴드에 장착하여 착용자의 체온, 심박수, 외부 온·습도를 모니터하여, 만약 착용자가 열사병 증상을 보이면 알람을 울리도록 하는 스마트 안전모인 Smart hardhat (MOQdigital, 2015)을 소개하였다(Table 3(b)). 건설현장에서 중장비를 다루거나 자동차 운전자 등의 안전을 위해 개발된 Smart cap (SmartCaptech, 2013) (Table 3(c))은 작업자의 뇌파측정을 통해 피로수준을 모니터링하는 시스템으로, 일반적인 모자와 유사한 디자인으로 제작되었으며, 탈부착 센서를 적용하여 전기적 두뇌활동을 기반으로 착용자의 피로수준을 결정하는 정보를 처리한다. 데이터 전송은 블루투스 무선 연결을 이용하며, 경보, 보고, 프로파일을 통해 각 이용자는 자신이 언제 위험한 상태에 있는지 알 수 있다. 구체적 피로 기준과 맞으면 시청각적 알람을 표시하고, 통신이 가능한 실시간 모니터링 옵션을 제공한다(Wearable Technologies, 2016). Sena사는 세계 최초로 소음을 통제하는 스마트 헬멧인 INC 헬멧(Table 3(d))을 개발하여 상용화하였다. 100 decibel 이상의 소음에 지속적으로 노출되면 청력 손실, 피로, 스트레스, 반응속도 저하 등을 유발하게 되며, 심각한 사고의 위험 요인이 될 수 있는데 이 헬멧은 간단한 버튼 동작을 이용해서 소음을 차단하거나 외부로부터 필요한 소리를 들을 수 있게 설계되었다. 헬멧 안쪽의 패드는 탈착하여 세척이 용이한 냉감 속건 소재를 적용하였으며, 헬멧 내부 공기를 다양하게 조정할 수 있다(Sena, 2017).

두부 착용형 스마트 개인보호장비는 모자나 헬멧의 형태임에도 불구하고 두부나 안면부의 손상 예방뿐만 아니라 작업환경과 작업자의 생체반응을 모니터링하기 위해, 주로 건설현장에서 사용할 목적으로 개발되었다. 체온, 심박수, 내·외부 온·습도, 뇌파, 소음측정을 위한 센서를 사용하여 수집된 데이터를 무선통신을 이용해 실시간으로 모니터링 가능하며 위험 상태로 판단되면 알람 경보를 제공한다. 따라서 이러한 개인보호장비는 야외 작업이 많은 농업인에게 발생하기 쉬운 열사병 등의 온열스트레스 예방과 나홀로 작업자의 위험상황 긴급 대응에 효과적으로 이용 가능한 시스템이다. 그러나 헬멧형태의 작업모자는 농업인에 대한 착용 수용도가 낮기 때문에

Table 3. Summary on head wearing type

Index	Picture	Name	Development purpose	Main features
(a)		Maxlight weight smart multi helmet	To protect worker optimally	- Lightweight protective face, communication, alarm and timer function when necessary
(b)		Smart hardhat	To monitor worker's physical condition	- Data collection unit inside the safety helmet to monitor body temperature, heart rate, external temperature and humidity - Alarm can be activated to cope with emergencies.
(c)		Smart cap	To ensure driver safety	- Monitoring of the level of fatigue through the worker's EEG measurement, transmitting information using Bluetooth, and displaying an audiovisual alarm if it meets specific fatigue criteria
(d)		INC helmet	To control noise and air in the helmet	- Noise can be cut off or noise can be opened by simple button operation, air control inside the helmet

농업분야에 적용하기 위해서는 Smart cap (Table 3(c))과 같이 일반적인 모자의 형태를 유지하면서도 농작업의 특수성을 고려한 소재와 디자인 설계가 필요하다. 모자 형태의 스마트 개인보호장비는 의복형태와 달리 체표면을 덮는 면적이 적기 때문에 온열환경 노출이 많은 농업분야에서 착용자의 생체나 환경을 모니터링하는 목적의 보호장비로서 착용에 대한 수용성이 높을 것이라고 판단된다.

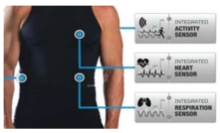
3.2.2 Clothing type

의복 형태의 스마트 개인보호장비도 두부착용 형태와 같이 사람과 주변환경을 모니터링하는 것에 주목적을 두고 있다. Smart safety vest는 작업자의 위치와 위험지역을 벗어나는 것을 모니터링하는 안전 조끼이다(Digital trends, 2015). 조끼와 통합된 GPS는 작업자가 위험 지역에 들어가자마자 부착된 배지를 통해 경고를 보낸다. 또한 작동기(actuator)가 특정 반경 내에 들어가면 무거운 도구를 천천히 움직이게 하거나 동작을 멈추게 할 수 있다. 관리자는 잠재적 병목현상이나 비효율성의 문제를 파악하기 위한 데이터를 캡쳐하고, 생산 비용을 낮추기 위한 최적의 관리를 할 수 있다(Laborers' Health and Safety Fund of North America, 2016) (Wearable Technologies, 2016) (Table 4(a)). 일본의 Fujitsu는 사람과 주변환경의 상태를 감지하는 IoT 패키지인 유비쿼터스 웨어(Ubiquitous ware) (FUJITSU, 2016) (Table 4(b))를 개발했다. 이 패키지는 센서들의 조합으로 특별한 핵심 모듈, 마이크로 컨트롤러(micro controller), 빅데이터를 분석하기 위한 무선통신 기능으로 구성되어 있다. US. Globe Firefighters WASP는 소방관의 위치와 생리학적 변화를 모니터링 할 수 있는 무선 소방 추적 시스템이 포함되어 있다(Table 4(c)). 스마트 의류 개인보호장비의 시제품인 Prospie는 피부온도와 발열, 심박수 등의 측정이 가능한 센서와 냉각기구가 장착되어 있다(KOTERI, 2014) (Table 4(d)). Astroskin (HEXOSKIN, 2016)은 우주비행상의 생리학적 데이터를 실시간으로 지구에 있는 의료팀에게 전송하여 작업환경에 대한 반응을 모니터링 하기 위해 개발된 Smart T-shirt이다(Table 4(e)). 이상의 사례와 같이 의복형태의 스마트 개인보호장비는 착용자의 위치, 작업환경에 대한 착용자의 생리학적 변화를 관찰하여 건강과 안전관리를 위한 목적으로 개발되고 있다. 유비쿼터스 웨어(Ubiquitous ware) (FUJITSU, 2016) (Table 4(b))의 경우는 농업현장에서 일하는 작업자에게 직접 적용이 가능하다. 예를 들어 주변환경으로부터의 열스트레스, 심장마비 등 작업 중 신체의 이상 상태를 추정하여 긴급 대응하는데 사용할 수 있고, 건강 상태를 기록하고 분석하여 작업자의 건강관리에 도움을 줄 수도 있다. Smart safety vest (Digital trends, 2015)와 US. Globe Firefighters WASP와 같이 GPS가 장착된 보호장비의 경우는 홀로 작업하는 작업자가 많고 작업장소가 집이나 마을에서 멀리 떨어져 있는 농촌지역에서의 활용가치가 높다. 홀로 작업하는 작업자가 야외 작업장에서 위급상황이 발생했을 때 작업자의 위치를 신속하게 확인하고 대응함으로써 골든타임을 놓쳐 더 큰 위기상황에 노출되는 것을 막는데 매우 효과적이다. 그러나 농업인이 수용 가능하고 실용적으로 활용 가능한 스마트 의복의 구현이 필수적이므로, 의복형 스마트 개인보호장비는 작업복의 만족도 충족을 고려해야 한다. 의복의 주요 만족도 척도인 착탈의 편리성, 동작의 편리성, 맞음새, 세탁 및 관리성(Kim and Suh, 2003; Kim et al., 2009)

Table 4. Summary on clothing-type

Index	Picture	Name	Development purpose	Main features
(a)		Smart safety vest	To monitor the position of the operator and the danger area	- GPS integrated with the vest allows the operator to be alerted - If the actuator is within a certain radius, the heavy tool can move slowly or stop motion
(b)		Ubiquitous ware	To detect the condition of wearer and environment	- Ubiquitous software consisting of IOT package, microcontroller, big data wireless communication function which is a combination of sensors - Recording and analyzing health conditions such as heat stress from the surrounding environment, heart attack, etc.

Table 4. Summary on clothing-type (Continued)

Index	Picture	Name	Development purpose	Main features
(c)		US. Globe Firefighters WASP	To prevent Firefighter's safety accident	- Monitoring firefighter's position and physiological change with wireless firefighting tracking system
(d)		Prospie	To manage the inside of the cloth and detects the physiological condition of the worker	- Skin temperature, heat, heart rate measurement sensor and cooling mechanism - It is possible to manage the wearing condition of comfortable clothes
(e)		Astroskin	To monitor physiological responses of astronauts	- Transfer physiological data of the wearer to the medical team in real time - Monitor workers' physiological responses according to work environment

과 농작업 환경, 농업인의 의생활 특성 등이 개발 방향에 기본적으로 고려되어야 할 것으로 사료된다.

3.2.3 Type of footwear and gloves

농업분야에 적용 가능한 손과 발 착용형태의 스마트 개인보호장비 개발 사례를 고찰한 결과는 다음과 같다. Smart sock은 우주비행사의 근육 변성과 훈련성과를 모니터링하기 위해 개발된 스마트 양말이다. 근육의 전기적 활성을 기록하고(EMG) 근육 주변과 근육 내부의 산소포화도 등을 검출할 수 있는(NIRS) 센서를 장착하였다(KOTERI, 2014) (Table 5(a)). Digitsole smart shoes (DISITSOLE, 2016)는 걸음수 측정과 가열기능을 가진 디지털 인솔이 장착되어 있는 신발이며, 스마트폰 앱을 통해 신발 내부의 온도를 조절할 수 있다(Table 5(b)). 작업자를 훈련하거나 생산성을 모니터링 하기 위해 개발된 Smart gloves (PROGLOVE, 2014)는 작업자의 취급 업무 전송, 바코드 스캔, 무선으로 메시지를 데이터 센터에 전송할 수 있는 기능을 가진 장갑이다(Table 5(c)). 농업은 중량물 취급 등의 신체부담 작업이 많은 직업 중의 하나이며, 농작업관련 근골격계질환의 유병률은 4.5%(휴업 1일 이상 기준)로 연령이 증가할수록 유병률도 증가한다(RDA, 2015). 근골격계질환의 유발 가능성이 높은 작업환경 개선과제 선정을 위해서는 실제 농작업 현장에서 농업인 대상의 근육 부담 평가가 우선되어야 하지만 현실적인 어려움 때문에 대부분 실험실에서 모의 작업을 실시하여 평가하고 있다. 근육 활성도 측정 센서가 부착된 스마트 양말은 신체부담을 유발하는 작업환경을 간단하게 측정 가능하고, 잘못된 자세나 작업 방식에 의한 개선과제를 도출하는데 매우 유용하다고 판단된다. 양말형태뿐만 아니라 팔토시, 허리보호대, 목보호대 등의 형태로 개발한다면 신체부위별 측정도 가능할 것이다. 작업자 훈련과 생산성을 모니터링하는 Smart gloves는 농기계류의 점검과 수리에 필요한 정보를 교환하고 점검관리 상태를 모

Table 5. Summary on types of foot-wear and gloves

Index	Picture	Name	Development purpose	Main features
(a)		Smart sock	To train and monitor of astronauts	- Sensor that records electrical activity (EMG) of muscles and detects oxygen saturation around muscles and muscles - It is possible to evaluate the body burden due to work.

Table 5. Summary on types of foot-wear and gloves (Continued)

Index	Picture	Name	Development purpose	Main features
(b)		Digitsole smart shoes	Connected and heating shoe	- Digital insole with a step counter, calorie tracker, and heating capabilities - Users connect to their shoes via a smartphone app, which provides a verity of features including temperature control.
(c)		Smart gloves	To train workers and monitor productivity	- Transmit information from whatever a worker is handling or scan barcode or wirelessly send messages to a data center

니터링하는 목적으로 재구성 된다면 매우 유용한 안전장비일 것으로 보인다(Table 5(c)).

3.2.4 Smart exoskeleton

suitX (Robotics Trends, 2016) (Table 6(a))와 Bionic exoskeleton suit (eksoBionics, 2015) (Table 6(b))는 다양한 산업현장에서의 중량물 취급, 힘이 많이 드는 작업의 피로와 근육손상의 위험을 줄이기 위해 개발된 것으로 들기, 구부리기, 쪼그려 앉기, 그리고 고소 작업을 지지하는 장치이다. 노인의 낙상 방지를 위한 스마트한 외골격인 Active pelvis orthosis (Robotics Trends, 2017)는 착용자가 넘어질 것을 350 밀리초(milliseconds) 내에 인식하고 착용자의 다리가 미끄러짐에 대응하도록 힘을 적용하는 보행 보조기이다(Table 6(c)). Rapael smart glove (NEOFECT, 2016)는 중풍환자의 재활을 목적으로 개발되었으며, 환자의 신경가소성을 유도하고 회복속도를 높이기 위해 장갑 내에 부착된 센서가 환자가 수행하는 모든 움직임의 측정이 가능하여 향후의 재활운동 계획 수립도 가능하다(Table 6(d)). 신체의 운동능력을 도와주는 웨어러블 로봇은 여러 산업분야에서 활용 가능성이 매우 기대되는 분야이다. 그럼에도 불구하고 외골격 산업은

Table 6. Summary of smart exoskeleton

Index	Picture	Name	Development purpose	Main features
(a)		suitX	To reduce body stress on workers	- Support lifting, stooping, bending, squatting, overhead work - Reduce fatigue and costly workplace injuries
(b)		Bionic exoskeleton suit	To solve problems for injury	- To elevate and support worker's arms - Lightweight, adjustable lift assistance, low profile Enabling, and freedom of motion

Table 6. Summary of smart exoskeleton (Continued)

Index	Picture	Name	Development purpose	Main features
(c)		Active pelvis orthosis	To prevent from elderly falls	- Automatically adapt to its wearer and predict and prevent a person from falling.
(d)		Rapael smart glove	Therapeutic gloves for stroke patients	- Inducing patient's neural plasticity and speeding up their rehabilitation - Sensors inside it that measure all movements as patients perform their therapeutic exercises

제품의 개발과 생산에 필요한 고비용으로 인해 매우 느리게 발전하고 있다. 근골격계질환을 예방하고 맞춤형 손상 예방 계획을 수립하기 위해 인간공학적 데이터를 효과적으로 수집하고, 고위험의 움직임과 자세가 있으면 실시간 알람 경보를 제공하는 시스템은 직업적 건강안전분야에서 매우 활용 가치가 높다.

4. Conclusion

이 연구는 농업분야에 적용 가능한 ICT와 IoT 융합 개인보호장비의 특허 동향과 개발 사례 분석을 통해 향후 농업인의 직업적 안전을 강화할 수 있는 스마트 개인보호장비의 개발 방향에 대한 시사점을 도출하고자 하였다.

ICT와 IoT 기술을 융합한 스마트 개인보호장비의 특허출원은 한국이 가장 많이 진행하였고, 2012년 이후 최근에는 감소추세를 보이고 있다. 특허 기술을 보호목적별로 분류했을 때, 착용자의 생체 상태정보와 외부환경 상태 모니터링이 가장 많았으며, 다음으로는 전도와 낙하 방지, 작업자의 안전지역 이탈 모니터링 순이었다. 착용자의 생체정보 감지 부분은 미국이 40건(27%)으로 가장 많은 출원을 진행하였고, 한국이 35건(23%)의 출원을 진행하였다. 착용자의 외부환경 상태 모니터링은 한국이 26건(17%)으로 가장 많은 출원을 진행하였다. 전도 및 낙하 방지 부분은 미국이 7건(5%), 한국이 5건(3%)의 출원을 진행하였다. 일본, 중국, 유럽은 출원 건수는 미미하나 꾸준히 출원이 진행되고 있는 추세이다.

최종 선정된 유효특허 150건 중 약 31%(47건)만이 신체의 착용부위와 보호부위가 일치하는 경향을 보였다. 예를 들면 몸통에 의복형태로 착용하는 개인보호장비가 몸통부위를 위험으로부터 보호하는 목적이 아니라 착용자의 생체 상태나 외부환경을 모니터링하는 목적으로 착용된 경우를 들 수 있다. 기존의 개인보호구는 각 착용부위를 보호하기 위한 용도인 것과는 달리 스마트 개인보호장비는 해당 신체부위를 보호하는 기능 외에 디바이스와의 결합으로 얻은 다양한 생체정보들을 이용해 착용자가 자발적으로 위험을 인지하거나 위험상황에서 벗어날 수 있도록 설계하고 있다.

상용화된 스마트 개인보호장비의 착용형태는 두부 착용형이 대부분이었는데, 두부의 손상 예방목적 보다는 작업환경과 작업자의 생체 신호를 모니터링하고 위험 상태를 알리는 것이 주요 기능이었다. 의복 착용형 스마트 개인보호장비도 주변환경에 따라 변화하는 작업자의 건강 상태를 기록하고 분석함으로써 열스트레스, 심장마비, 근육 부담 등의 위험상황에 대응하는 것이 주 기능이었다. 작업자의 생리학적 변화에 대한 모니터링은 작업현장의 대부분이 통제하기 힘든 온열환경과 물리적인 육체노동에 노출되어 있어 혼자 작업하는 경우가 많은 농업분야에 우선적으로 적용할 필요가 있다. 특히 육체적 작업 부담을 보조하는 시스템은 농업인에게 가장 흔한 작업관련 질병인 근골격계질환을 예방하는데 큰 도움이 될 것으로 기대한다.

농업인의 안전재해 예방에 획기적 계기를 제공할 수 있는 농촌형 스마트 개인보호장비의 연구 개발 방향을 위한 시사점은 다음과 같

다. 첫째, 농업분야의 특수성을 고려한 작업안전 위험 요인을 확인하고 이에 대응하는 보호장비 개발 기술을 확보해야 한다. 둘째, 안전 증진을 위한 보호장비가 신규 위험 요인이나 작업의 불편함을 유발하지 않아야 한다. 농작업 중의 온열압박은 농약방제복, 호흡보호구 등을 포함한 각종 개인보호장비 착용의 주요 기피 요인이다. 따라서 보호구 착용에 따른 온열압박의 가중이나 섬세한 동작의 방해와 같은 요소를 줄이기 위한 기술을 필수 요소로 포함할 필요가 있다. 셋째, 사용자의 대부분이 고령농업인이라는 점을 고려하여, 고령자의 신체기능, 인지기능, 착의 습관 등에 맞는 스마트 장비의 디자인, 작동 방법, 착용형태를 반영하여야 한다. 넷째, 위험상황의 신속 대응에 중요한 역할을 하는 시스템의 경고나 알람을 착용자가 무시하는 경우에 대한 대책마련은 중요한 과제 중의 하나이다. 작업자의 상위 관리자가 존재하는 일반산업 현장과 달리 농업인의 대부분은 자영농업인으로서 위험관리에 대한 책임자는 농업인 자신이다. 농촌 지역사회 내에서 운영 가능한 안전 점검과 위기 대응에 대한 상호관리 체계의 마련이 동반되어야 할 것이다.

스마트 개인보호장비의 상용화나 농업분야 적용이 해결하기 어려운 과제임에도 불구하고, 안전사각 지대에 놓인 농업분야의 산업재해 대응력을 높이는데 획기적인 계기를 마련할 것으로 기대한다.

Acknowledgements

This research was supported by grants from the National Institute of Agricultural Science, Rural Development Administration (PJ011931).

References

Chae, H.S., Kim, K.W., Lee, K.S., Kim, C.H., Lee, K.M., Choi, Y.W. and Park, K.S., The Study on the Moving Rail-chair and Electromotive Scissors for Preventing of the Musculoskeletal Disorders, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, Vol. 29, No. 1, pp. 139-144, 2010.

Chae, H.S., Kim, S.C., Lee, K.S., Kim, H.C., Kim, D.H. and Park, S.J., Development and Evaluation of Protective Gloves for Rose Farmers, *The Korean Journal of Community Living Science*, Vol. 23, No. 2, pp. 137-144, 2012.

Chae, H.S., Kim, S., Kim, K., Lee, K., Kim, H. and Park, K., Prevention of work related Musculoskeletel disorders in grapes pinching using electro-motion scissors designed ergonomically, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 30(6), 1229-1684, 2011.

Chae, H.S., Kim, S., Oh, Y., Lee, K., Kim, H. and Park, S., Development and evaluation of protective clothing for rose farmers, *The Korean Journal of Community Living Science*, 23(2), 137-144, 2012.

Chae, H.S., Min, K., Youn, K., Park, J., Kim, K. and Kim, H., Estimated rate of agricultural injury: the Korean Farmers' Occupational Disease and Injury Survey. *Annals of Occupational and Environmental Medicine*, 26(8), 1-7, 2014.

Digital trends, Smart safety vest, 2015, https://www.digitaltrends.com/cool-tech/connected-safety-vest/ (retrieved November 1, 2017).

DISITSOLE, Digitsole smart shoes, 2016, https://www.kickstarter.com/projects/141658446/digitsole-smartshoe-the-worlds-first-intelligent-s (retrieved November 1, 2017).

European Commission, High-tech clothing for fishermen improves safety, n.d., http://cordis.europa.eu/ result/rcn/92920_en.html (retrieved May 3, 2017).

eksoBionics, Bionic exoskeleton suit, 2015, http://eksobionics.com/eksoworks/ (retrieved November 2, 2017).

FUJITSU, Ubiquitous ware, 2016, http://www.fujitsu.com/global/about/resources/news/press-releases/2016/0120-01.html (retrieved November 2, 2017).

HEXOSKIN, Astroskin, 2016, https://www.gizwear.net/astroskin-t-shirt-smart-si-prepara-a-volare-nello-spazio-foto-video/ (retrieved November 1, 2017).

Hwang, K.S., Kim, D.H. and Chae, H.S., Development of Functional Fatigue Clothes for Plastic Greenhouse Workers, *The Korean Journal of Community Living Science*, Vol. 21, No. 4, pp. 551-558, 2010.

Ingvar HOLMÉR, Protective Clothing in Hot Environments, *Industrial Health* Vol. 44, No. 3, p. 404-413, 2006.

Kim, H.R. and Suh, M.A., A Study on Satisfaction of Worker's Uniform in the Mechanical Industry, *The Research Journal of the Costume Culture*, 11(6), 867-878, 2003.

Kim, I.S., Lee, K.S., Seo, M.T., Chae, H.S., Kim, K.S., Choi, D.P. and Kim, H.C., Development and ergonomic evaluation of spring and autumn working clothes for livestock farming workers, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 35(5), 343-359, 2016.

Kim, I.S., Lee, K.S., Chae, H.S. and Seo, M.T., Design of ICT-based agricultural safety monitoring system models, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 35(1), 1-13, 2016.

Kim, J.W., Choi, H.S. and Ryou, H.S., A Study on the Working Clothes for Korea Railroad - Focused on Winter Upper Garment, *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 33(2), 308-318, 2009.

Kommission Arbeitsschutz und Normung, Smart personal protective equipment and systems, n.d., https://www.kan.de/en/publications/kanbrief/the-future-of-standardization/smart-personal-protective-equipment-and-systems/ (Retrieved May 3, 2017).

KOTERI, US. Globe Firefighters WASP, 2014, http://www.koteri.re.kr/board/content.asp?board_id=koteri_tecinfo&ref=1756&step=1 (Retrieved 30 November, 2017).

KOTERI, Smart sock, 2014, http://www.koteri.re.kr/board/content.asp?board_id=koteri_tecinfo&ref=1756&step=1 (Retrieved 30 November, 2017).

Kwon, O.K. and Kim, T.G., Development trends of intelligent textile in Japan, *Fashion Information and Technology*, 11, 20-29, 2014.

Laborers' Health and Safety Fund of North America, 2016, https://www.lhsfna.org/ (Retrieved 30 November, 2017).

Lee, H.H., Hwang, K.S., Kim, D.H., Kwon, J.Y., Lee, K.S., Chae, H.S. and Kim, H.Y., Evaluation on the Thermal Properties of Biodegradable PLA Disposable Coveralls for Livestock Industry Workers, *Journal of The Korean Society of Living Environmental System*, Vol. 18, No. 5, pp. 562-569, 2011.

Lee, J.Y., Next generation of personal protective equipment and smart wear system. *Fashion Information Technology*, 11, 50-55, 2014.

Lee, K.S., Kim, D.H., Oh, Y.S., Oh, S.L., Chae, H.S. and Kim, K.R., A design for summer safety shoes for agricultural work using a survey, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 35(1), 1-10, 2016.

Lee, K.S., Kim, K.R., Kim, H.C., Chae, H.S., Kim, S.W. and Seo, M.T., Development and Evaluation of rollator for elderly farmers, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 33(6), 487-497, 2014.

Lim, C., Lee, K., Kim, K., Kim, H., Seo, M., Kim, S. and Chae, H.S., Development and assessment of shovel applying foothold, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 35(2), 67-74, 2016b.

Lim, C.M., Chae, H.S., Seo, M.T., Lee, K.S., Kim, H.C., Kim, K.R. and Kim, S.W., Development of fruit harvest basket and assessment of its effectiveness, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 33(5), 1-9, 2014a.

MAFRA,「the Credit Guarantee for Farmers and Fishers」

Ministry of Employment and Labor, *2015 Analysis of industrial accidents*, 2016, http://www.moel.go.kr/search/search.jsp?startno=-0&query=%BB%EA%BE%F7%C0%E7%C7%D8%C7%F6%C8%B2 (retrieved April 6, 2017).

MOQdigital, Smart hardhat, 2015, https://www.moqdigital.com.au/case-studies/laing-orourke/?__hstc=9289834.776c3234df063a11744-8710975927107.1510213322135.1510213322136.1510213322136.1&__hssc=9289834.3.1510213322136&__hsfp=569184066&hsutk=776c3234df063a117448710975927107#go-next (retrieved November 2, 2017).

NEOFECT, Rapael smart glove, 2016, http://www.neofect.com (retrieved October 31, 2017).

Oh, Y.S., Lee, K.S., Chae, H.S. and Kim, K.R., A Draft Proposal for Functional Pesticide Protection Clothing Using a Cooling Blower Unit, *The Korean Journal of Community Living Science*, Vol. 25, No. 4, pp. 557-566, 2014.

PINUP Design Awards, Maxlight Weight (Smart multi helmets), 2016, http://www.pinup.or.kr/winners/ 2016/676 (retrieved May 4, 2017).

PROGLOVE, Smart gloves, 2014, https://iq.intel.com/smart-gloves-let-fingers-talking/ (retrieved November 1, 2017).

RDA, *Occupational Disease and Injury of Farmers*, 2015.

Robotics Trends, Smart Exoskeleton Prevents Elderly Falls, 2017, http://www.roboticstrends.com/article/smart_exoskeleton_prevents_elderly_from_falling/Exoskeleton (retrieved November 1, 2017).

Robotics Trends, suitX MAX Exoskeleton Designed to Reduce Workplace Injuries, 2016, http://www. roboticstrends.com/article/suitx_max_exoskeleton_designed_to_reduce_workplace_injuries/Exoskeleton (retrieved November 1, 2017).

Sena, INC helmet, 2017, https://www.sena.com/product/noise-control-helmet/ (retrieved November 1, 2017).

SmartCaptech, Smart cap, 2013, http://www.smartcaptech.com/hi-tech-cap-helps-coal-allied-truck-drivers-work-smarter-manage-fatigue/ (retrieved November 1, 2017).

Smart@fire, Smart personal protective systems for firefighters by 2017, n.d., http://www.smartatfire.eu/ what-is-smart@fire.aspx (retrieved May 3, 2017).

US. Globe Firefighters WASP, http://www.tinnews.co.kr/sub_read.html?uid=8067 (retrieved November 1, 2017).

Wearable Technologies, Wearables for construction workers, 2016, https://www.wearable-technologies.com/2016/10/wearables-for-construction-workers/ (retrieved May 3, 2017).

Wells Lamont, Ultimate grip goatskin rose tender, 2010, https://www.wellslamont.com/catalog/?categories=13 (retrieved October 27, 2017).

Author listings

Hye Seon Chae: hyeseon@korea.kr
Highest degree: M.S., Department of Clothing and Fashion, Yeungnam University
Position title: Junior researcher, Department of Agricultural Engineering, RDA
Areas of interest: Occupational Safety and Health Management, National Statistics

Myung Sun Ko: heimdal@korea.kr
Highest degree: M.S., Department of Industrial Engineering, Chonbuk National University
Position title: Researcher, Department of Agricultural Engineering, RDA
Areas of interest: Occupational Safety and Health Management, Occupational Disease

Hyo Cher Kim: hyocher@gmail.com
Highest degree: MPH., Department of Environmental Health, Seoul National University
Position title: Junior researcher, Department of Agricultural Engineering, RDA
Areas of interest: Occupational Safety and Health Management, Occupational Disease

Kyung Su Kim: kks1@korea.kr
Highest degree: Ph.D., Public Health Science, Alberta University
Position title: Junior researcher, Department of Agricultural Engineering, RDA
Areas of interest: Occupational Safety and Health

Dong Phil Choi: dpchoi@korea.kr
Highest degree: Ph.D., Department of Public Health, Yonsei University
Position title: Junior researcher, Department of Agricultural Engineering, RDA
Areas of interest: Occupational Safety and Health Management, Public Health

Kyung Ran Kim: kimgr@korea.kr
Highest degree: Ph.D., Department of Textiles, Merchandising and Fashion Design, Seoul National University
Position title: Senior researcher, Department of Agricultural Engineering, RDA
Areas of interest: Occupational Safety and Health Management, Ergonomic Tools Design

Kyung Suk Lee: leeks81@korea.kr
Highest degree: Ph.D., Department of Textiles, Merchandising and Fashion Design, Seoul National University
Position title: Senior researcher, Department of Agricultural Engineering, RDA
Areas of interest: Occupational Safety and Health Management, Occupational Disease