

반도체공장의 NFPA921에 의한 비화재보 원인조사 방안

홍상혁* · 공하성**

*우석대학교 소방·안전공학과 박사과정

**우석대학교 소방방재학과 교수

A Study on the Causes of False Alarm by NFPA921 in Semiconductor Factory

Sang-Hyuk Hong* · Ha-Sung Kong**

*Ph.D. Candidate, Dept. of Fire & Safety Engineering, Woosuk University

**Professor, Dept. of Fire and Disaster Prevention, Woosuk University

Abstract

This study analyzed and identified various causes of caustic alarms of 163 fire detectors that occurred from January 2019 to December 2021 at domestic semiconductor manufacturing plants equipped with about 30,000 fire detectors, and proposed a new non-fire prevention cause investigation plan by applying the NFPA 921 scientific methodology.

The results of the study are as follows. First, in terms of necessary recognition and problem definition, an analog detector and an integrated monitoring system were proposed to quickly determine the location and installation space information of the fire detector. Second, in order to prevent speculative causes and errors in various analyses in terms of data analysis and hypothesis establishment, non-fire reports were classified into five by factor and defined, and the causes of occurrence by factor were classified and proposed. Finally, in terms of hypothesis verification and final hypothesis selection, a non-fire prevention improvement termination process and a final hypothesis verification sheet were proposed to prevent the cause from causing re-error.

Keywords : False Alarm, Malfunction, NFPA 921, Scientific Methodology

1. 서론

아날로그 화재감지기는 화재 시 발생하는 물리적 현상 또는 연소생성 시 발생하는 연기 등을 사전에 인지하여 정해진 오염도 기준이상이 되면 신호를 전달하도록 구성되어 있으나, 실제 화재가 아닌데도 감지기 동작 조건을 환경적으로 갖추게 되면 감지기는 화재로 인식하여 신호를 전달하여 경보가 발보 되는 것을 비화재보라 한다.

화재가 아닌 경우는 기계적 요인, 환경적 요인, 공사 현장에서 발생하는 용접흄, 용접 아크 불빛, 청소먼지, 작업 등 불빛, 키파우드의 물기 등이 환경적 조건에 해당하며, 해당 환경적 조건에 아날로그 감지기 및 UV/IR 불꽃 감지기는 작동하게 되며 통신 신호를 통해 수신기는 전달하고

경종 및 비상방송을 발보 하는 것이 비화재보가 발생 되는 기인물의 대표적인 예로 볼 수 있다. 즉, 감지기로써 연기 또는 불빛을 인지하는 기능은 이상 없지만 작업이나 청소 등으로 발생 환경적 요인들에 의하여 감지기가 실제화재로 인지하고 신호를 검출하여 경보 설비를 현장에 발보 하는 것을 말하며, 비화재보로 인하여 건물 대피가 이루어지고 자체소방대 및 관할 소방서 등의 출동이 이루어지는 상황을 말한다.

국내 소방 관련 법령에서는 비화재보에 대한 명확한 정의와 비화재보 원인 조사에 대한 내용은 매우 부족한 것이 현실이며, 그나마 「감지기의 형식승인 및 제품검사의 기술기준」에 [1] 감지기의 비화재보를 방지하는 실험 기준과, 「자동화재탐지설비 및 시각경보장치의 화재안전기술

†Corresponding Author : Ha-Sung Kong, 443, Samnye-ro, Samnye-eup, Wanju-gun, Jeonbuk, E-mail: 119wsu@naver.com
Received October 30, 2023; Revision December 13, 2023; Accepted December 21, 2023

기준] 2.4.1 [2] 에부착높이에 따른 감지기의 종류 및 설치장소별 감지기를 구분하여 오동작을 예방할 수 있도록 규정화 한 것이 전부이다.

비화재보에 관련된 선행연구를 분석하면 이진호(2022)는 아날로그 감지기의 비화재보 및 오동작 방지기술과 자탐설비의 IOT화를 통해 상황별 위험상황을 재실자들에게 알려 신속한 대피를 유도하고자 하였다. [3] 이가현, 이승철(2021)은 습도에 의한 연기감지기의 비화재보 특성에 관한 전산해석을 통해 감지기 설치 장소의 근거를 제시하였다. [4] 서병근, 남상근(2016)은 아날로그 광전식 연기감지기의 순간적으로 발생하는 먼지 등으로 인해 발생하는 비화재보를 예방하기 위한 알고리즘 개선과 감지기의 자기보상기능을 통해 감지기의 오염과 화재신호를 구분할 수 있도록 개선하였다. [5] 백동현, 김은수, 이종문(2010)은 전산센터에서 발생하는 비화재보를 분석하여 노이즈발생, 미세먼지, 향온습기의 바람, 온도 등이 비화재보의 주원인임을 정의하였다. [6] Xi He 외(2022)의 연구는 신속한 화재 경보를 위한 스마트 화재 경보 시스템을 분석하고 기존 화재감지기에 비해 민감하고 신뢰할 수 있는 화재 감지기에 대한 동작 메커니즘에 대해 논의하고 준비할 필요성이 있음을 제안하였다. [7] Sebastian Festag(2016)은 독일의 화재 감지 및 화재 경보 시스템의 오경보 비율에 대한 연구를 진행하였으며, 오경보 비율을 줄이려면 거짓 경보에 대한 공통된 이해와 용어 및 범주의 일관된 사용이 필요함을 제안하였다. [8]

NFPA 921을 적용한 선행연구로는 박경진, 이영기 외(2018)의 연구는 냉동창고 화재 사례를 기반으로 발화원인 조사를 위한 도구로 NFPA 921를 사용하였으며, [9] 김경호(2022)는 화재조사 단계의 구분과 세부 조사방법 제시를 통해 체계적이고 과학적인 화재원인조사가 이루어질 수 있도록 하였다. [10]

Natalia Flores Quiroz 외(2021)는 NFPA 921 기준으로 화재원인 파악이 어려운 남아프리카 공화국의 비공식 정착촌의 화재특성을 분석하여 화재 조사를 위한 프레임워크와 지침을 개발하였다. [11]

선행연구는 비화재보 시 신속한 대피를 유도하는 기술개발, 습도에 의한 비화재보 장소 재정의, 화재감지기 기술개선, 전산센터 비화재보 주원인 등 비화재보 원인 및 조치에 중점이 맞춰져 있고, 비화재보의 원인조사 방법론과 미국과 영국처럼 비화재보에 대한 명확한 정의규정에 대한 연구가 부족한 실정이다. 미국의 경우는 National Fire Alarm and Signaling Code(NFPA 72)에서 비화재보를 정의하고 있고, [12] 영국의 경우도 Fire Detection and Fire Alarm Systems for Building(BS 5839-1) [13] 기준에서 비화재보를 규정하고 있다.

따라서 이 연구는 약 3만개 화재감지기가 설치된 국내

반도체 공장에서 2019년 1월부터 2021년 12월까지 발생된 163건의 화재감지기의 가성알람의 다양한 원인을 분석·규명하는데 NFPA 921 과학적 방법론을 적용함으로써 객관적이고 체계적인 비화재보 원인분석이 이루어질 수 있도록하여 새로운 비화재보 정의를 규정하고, 비화재보 정의구분에 따른 효과적인 원인분석 기법(Check List)을 제시하여 소방시설 신뢰성 확보 및 소방대 출동에 따른 인력손실, 근무자 대피를 통한 업무 Loss 등을 예방하는 것을 목적으로 한다.

2. NFPA 921 과학적 방법론

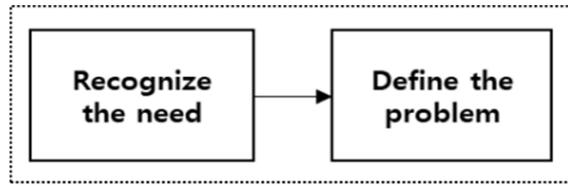
2.1 NFPA 921 과학적 방법론의 필요성

건축, 시설물들이 다양화 및 고도화됨에 현장에 설치되고 있는 소방시설 또한 현장 상황과 여건에 맞게 다양화되고 있다. 특히 광전식 스포트형 연기감지기는 발광부와 수광부로 구성되어 있으며, 화재로 인한 연기가 감지기 내부 챔버로 유입되었을 경우 연기에 의해 빛이 산란되는 양을 감지하여 화재로 인식하는 설비이나, 현장에 먼지나 외기 유입, 작업성 분진등에 의해서도 광전식 감지기는 화재로 인식하는 Risk가 존재한다. 이 경우 건축물 관리자는 화재감지기의 동작 여부가 진성 또는 가성인지를 구분해야 하며, 가성 즉 비화재보인 경우에는 정확한 원인을 파악하고 재동작 하지 않도록 하여 소방서 헛걸음 출동과 건축물 내 재실자들의 불필요한 피난을 방지할 필요성이 있다. 하지만 일반적인 건축물 관리자 또는 재실자들은 소방시설에 대한 이해가 부족하고 경험이 부족하여 비화재보의 원인분석이 쉽지 않은 것이 현실이다. 비화재보 원인조사는 경험과 이론적지식, 과학적방법이 복합적으로 이루어졌을 때 원인이 도출될 수 있다. National Fire Protection Association (NFPA) 921은 세계적으로 공신력이 있는 미국방화협회에서 발간한 화재·폭발 조사방법을 가이드한 지침으로 화재원인을 조사하기 위한 방법론을 종합적으로 규정하고 있어 비화재보 원인조사에 NFPA 921을 적용할 필요성이 있다.

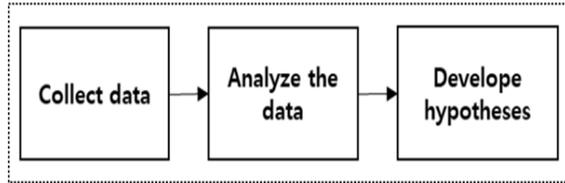
2.2 NFPA 921 과학적 방법론의 구성

NFPA 921 화재조사의 과학적 방법은 Figure1과 같이 필요성인식, 문제의 정의, 자료수집, 자료분석, 가설의 수립, 가설의 검증, 최종가설선택으로 총 7단계로 구성되어 있으며 최종가설을 검증하지 못한 경우 이전 단계를 다시 수행하는등 과학적이면서 합리적인 조사를 통해 원인을

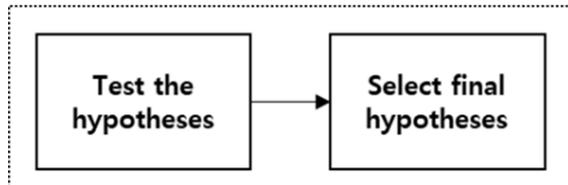
도출하는 것이 특징이다.



(a) Preparatory stage



(b) Investigation stage



(c) Final verification stage

[Figure 1] Scientific methods fire investigation.

필요성 인식은 연소상황을 파악하고 원인조사의 필요성을 인식하는 단계로써 연소의 진행이 시시각각으로 변화하므로 빠른 판단과 객관적인 조사를 진행하기 위해 연소상황을 사진 촬영하고 녹화하여야 한다. 문제의 정의는 연기와 화염의 상황, 연소의 범위, 진행방향, 확대속도 등

의 특이사항을 확인하고 해결하기 위한 방법을 결정하는 단계로 화재현장의 모든면에서 연소상황을 관리하고 기록한다. 자료수집이란 출동시 멀지서 보이는 연기색깔, 화염의 높이 및 크기, 소방대 도착 전 관계자들이 촬영한 사진이나 영상 확보, 화재방향과 발화에 중요한 역할을 할 수 있는 창문, 지붕, 벽 구조물 등을 촬영하고 기록하는 단계로 과학적이고 객관적인 기준에 의해 신뢰성이 확보되어야 한다. 자료 분석은 최종 가설을 위한 필수적 단계로써 귀납적추론 방법을 이용한 데이터수집과 분석이 이루어져야 하며, 분석된 정보를 보증할 수 있어야 한다. 분석의 기법에는 진술분석기법, 행동분석기법, 현장분석기법 등 다양한 기법들이 활용되고 있다. 가설수립은 자료 분석을 기본으로 하여 현장에서 조사된 건물내 외부 피해 범위, 목격자진술 등을 통해 최초발화지점, 화재원인을 증명하는데 모순이 없는 가설을 수립하는 단계를 말한다. 여러개의 가설이 수립될 수 있지만 수집된 자료를 토대로 가설을 입증할 수 없다면 다음 단계로 넘어갈 수 없다. 가설 검증은 수립된 가설을 과학적방법, 실험 등을 통해 검증하는 단계로써 알려진 사실 또는 일반적인 전제로부터 도출할 수 있는 구체적인 결과로써 연역적 추론에 입각한다. 최종가설 선택은 화재조사 과학적방법론의 최종단계로써 이전 단계들이 과학적이고 구체적인 방법으로 수행된 후에 진행된다. 다른 가설들이 객관적인 방법과 신뢰성있는 검증을 통해 배제되고 최종선택된 가설은 공식적인 의견으로 지지되어야 한다. 이상의 사항을 정리하면 Table 1과 같다.

<Table 1> NFPA 921 Scientific Methodology

Distinguish	Define
Recognize the need	To confirm that there is a problem to be solved
Define the problem	Determining how a problem can be solved
Collect data	Collecting realistic data based on practical measurements, observations, or direct sensory experiences.
Analyze the data	Evaluating the association and meaning of all data collected based on scientific principles, not estimation, based on education and training, experience, and expertise
Develop hypotheses	Based on data analysis, physical evidence collected at the scene and witness testimony make tentative conclusions that do not contradict the explanation of the fire scene
Test the hypotheses	Physically experimenting with evidence of a hypothesis tentatively established based on deductive reasoning or cognitively or analytically evaluating it by applying scientific theory
Select final hypotheses	Adoption as an official conclusion or opinion when other hypotheses are excluded through hypothesis verification and result in one hypothesis that is consistent with the facts and reliable.

3. 반도체 공장 비화재보 원인조사 분석

3.1 필요성 인식, 문제의 정의 : 잦은 비화재보로 인해 소방력 낭비 발생

비화재보 실태를 조사한 장소는 국내 반도체 공장으로써 비화재보의 대상은 아날로그 연기감지기 22,459대, 아날로그 정온식 감지기 2,538대, 공기흡입형 감지기 1,364대, UV/IR 불꽃 감지기 1,515대, 감지선형 감지기 766대로 정하고 아날로그 연기감지기 및 아날로그 정온식 감지기는 예비단계는 집계 대상에서 제외하고 최종 화재단계만 집계대상으로 선정하고, 공기흡입형 감지기도 Arlet, Action, Fire1은 집계대상에서 제외하고 Fire2 단계부터 비화재보로 집계하였다. 비화재보 발생 현황은 2019년 67건, 2020년 52건, 2021년 44건이 발생 되었으며, 가장 많이 발생한 화재감지기는 아날로그 연기감지기로 3년간 총 94건이 동작하였으며, 다음 순으로 공기흡입형 감지기 36건, 감지선형 감지기 15건, 불꽃 감지기 15건, 정온식 감지기 3건으로 순으로 동작을 하였다.

소방시설 비화재보의 발생 원인은 작업 연관성에 의한 동작이 114건, 기계적 고장이 37건, 환경적 요인이 12건으로 구분되고 있다. 작업성 요인의 대표적 사례는 공사시 사용하는 그라인더, 드릴작업, 용접작업 등 발생하는 분진, 흠등에 의한 오동작과 기계적 요인으로는 감지기 기계적 고장에 의한 동작, 환경적요인은 외기유입, 주방에 감지기 설치 등에 습기유입에 의한 동작으로 나타났다.

이처럼 실제 화재가 아닌 비화재로 인한 감지기 등의 동작이 많이 발생하고 있으며, 매년 지속적으로 발생하고 있는 추세이다. 이는 소방서의 헛걸음 출동으로 소방력 낭비와 화재출동 지체로 이어져 재산, 인명피해 확대 또한 불필요한 건물 재실자들의 피난등으로 기업휴지가 발생할 수 있다.

3.2 자료수집, 자료분석, 가설수립 : 현장 상황분석의 오류 및 가설수립 시 개인 주관적 의견 반영

비화재보 원인조사를 실시함에 주변작업자 및 목격자의 진술이 필수적으로 중요한 사항이지만 작업도중 화재알람이 송출되면 작업자 및 주변 관계인들은 당혹감과 불안함에 현장을 이탈하기에 자체 소방대 및 소방안전관리자가 현장에 도착하였을 경우 주변인들의 진술을 확보하기가 어렵다. 또한 진술을 통해 본인 및 본인 회사에 불이익이 미칠 수 있음을 염려하여 소극적인 모습을 보이는 것

이 사실이다. 또한 소방안전관리자 및 건축물의 관계인은 최대한 빨리 현장을 정상화 해야하기 때문에 많은 시간을 두고 현장의 목격자를 찾는것에 부담이 있다. 하여 실제 감지기 동작의 원인은 용접 흠 또는 작업에 의한 분진등으로 동작을 하였지만 관계인들은 사실을 알지 못한채 감지기 주변 상황으로만 확인하고 특이점이 없어 원인 미상으로 감지기 자체 불량으로 판단하고 감지기만 교체하는 행위를 반복적으로 시행하는 등 원인분석에 오류를 범한다.

반도체공장 23년도 화재 알람에 의한 출동 14건 중 주변 진술 확보 어려움으로 인해 원인불명으로 판단된 건은 총 4건으로 전체 29%에 해당한다. 반면 출동 당시 주변 작업자 및 관리자의 진술 확보로 인해 명확하게 원인을 도출한 건은 7건으로 전체 50%에 해당한다.

이처럼 화재감지기 오동작 시 진술인 확보가 중요한 사항임을 확인할 수 있다.

3.3 가설검증, 최정가설선택 : 비화재보 원인분석 능력 미흡

비화재보의 원인조사는 대부분 건축물의 소유자, 점유자, 관리자, 소방안전관리자 등 가장 접근이 용이한 다양한 인원들로 구성되어 있으며, 소방에 대한 전문지식과 경험이 있어 감지기 오동작 원인을 쉽게 찾을 수 있는 사람이 있는 반면 소방에 대한 경험과 이론적 지식이 없어 화재감지기가 오동작하여 경보가 발보되면 수신기의 경보장치를 끄거나 현장에 경종을 탈거하는 등의 행위를 하는 사람도 있다. 화재감지기가 동작을 하면 무엇을 먼저 확인해야 하고 어떤 기인물이 주변에 있는지 등의 기준을 제시하는 법령이나 가이드는 찾아보기 힘들기에 건축물의 관계인들은 비화재보의 원인조사에 대해 소극적이고 과학적이지 않은 근거를 제시하여 신뢰성을 저하시키고 지속적인 비화재보가 발생하게 되는 요인이 된다.

4. 비화재보 원인조사 방안

4.1 필요성 인식, 문제의 정의 : 비화재보 정의 명확화, 통합감시시스템을 통한 비화재보 인지시간 단축

김시국(2022)은 비화재보에 대한 정확한 분석을위해 비화재보를 5개로 정의를 분류하였고 주소형 기반의 시스템 필요성을 제안하였다. [14] 이와 달리 이건호(2022)는 아날로그 시스템의 비화재보 단점을 보완할 수 있는 소



[Figure 2] Inregrated monitoring system

방설비의 IOT화를 제시하였다. [15] 이런 측면에서 볼 때 신속한 비화재보 판단을 하고 원인을 분석하기 위해서 모든 화재감지기는 위치를 알 수 있는 아날로그식 감지기로 설치하고 그림 Figure 2와 같이 통합감시시스템과 연동하여 화재감지기 동작 시 위치가 도면상에 표식되고 주변의 CCTV가 감지기 동작 주변을 비추고 확인함으로써 화재 진,가성 여부를 조기에 알 수 있어 현장의 혼선을 예방할 수 있다. 또한 비화재보는 장소환경, 소방시설에 따라 다양하게 나타나고 화재연기 미립자가 아닌 인위적요인, 환경적요인, 기능상요인, 유지관리상요인, 설치상요인, 휴면어러 로 구분하여 비화재보의 원인분석을 객관적이고 과학적으로 진행할 수 있다.

4.2 자료수집, 자료분석, 가설수립 : 비화재보 정의에 따른 원인분석 Check List 제시

이가현, 이승철(2021)은 전산해석을 통해 비화재보의 주원인 중 하나인 습도를 분석하였으며 습도가 95%보다 높으면 오작동이 발생할 수 있음을 제시하였다. [16] 이와 달리 차중호(2016)는 경보설비의 비화재보를 줄이기 위해 감지기에서는 감도조절장치, 차동식 감지기 유리형 리크구멍의 막힘, 광전식 감지기 플라스틱 정전기 방지, 경년변화에 따른 적외선 LED와 포토다이오드와 포토셀의 기능 저하 방지 방안, PCB기판의 수분 함유방지, 감지기의 현장시험기 중 유증기로 하는 시험기 문제 등의 개선과 수신기에서는 수신기의 전원차단 및 경보중지 방지에 대한 개선과 자동화재탐지설비 성능유지를 위한 화재안전

기준 개선방향으로 성능위주 설계의 필요성과 지금의 감지기에 추가적인 기능과 감지기의 생산기법을 변경하여야 한다고 주장한다. [17] 이런 측면에서 볼 때 비화재보의 원인은 다양하고 원인분석도 다양각색으로 매우 다양한 해결책이 도출된다. 하지만 비화재보의 명확한 정의가 수립되어 있지 않고 소방시설의 전문가들만이 비화재보 원인을 분석할 수 있다면 현장의 비화재보는 개선되지 않을 것이다. 따라서 약 3년간 3만여개 감지기를 설치 운영중인 반도체 공장의 비화재보 원인을 분석한 결과 객관적인 자료분석과 가설 수립 절차를 통해 비화재보 원인을 조기에 확인하고 비전문가도 비화재보 원인을 확인 할 수 있는 방법을 강구하였으며 내용은 다음과 같다.

첫째, 소방시설의 오동작 시 인위적요인, 환경적요인, 기능상요인, 유지관리상 요인, 설치상 요인, 휴면어러 요인 에 의한 오동작 인지에 대한 현장조사를 실시하고 각 요인별 원인은 Table 2와 같다. 둘째, 비화재보 원인분석 Check List를 이용하여 비화재보 초기가설을 수립한다. 가설수립에는 목격자 진술, 최초 소방대 현장평가, 시설설치년도, 등 가능한 모든 자료가 고려되어야 한다.

4.3 가설검증, 최정가설선택: 재오동작율을 통한 개선효과 검증

비화재보의 최종 원인 선택의 검증은 재 오동작율로써 확인 할 수 있다. 현장에서 Check List 및 연역적 추론 방법을 통해 수립된 가설을 검증하더라도 해당 내용을 안전관리자 및 관계인들만 알고 있다면 현장은 변화가

<Table 2> Define False alarm and Cause analysis checklist

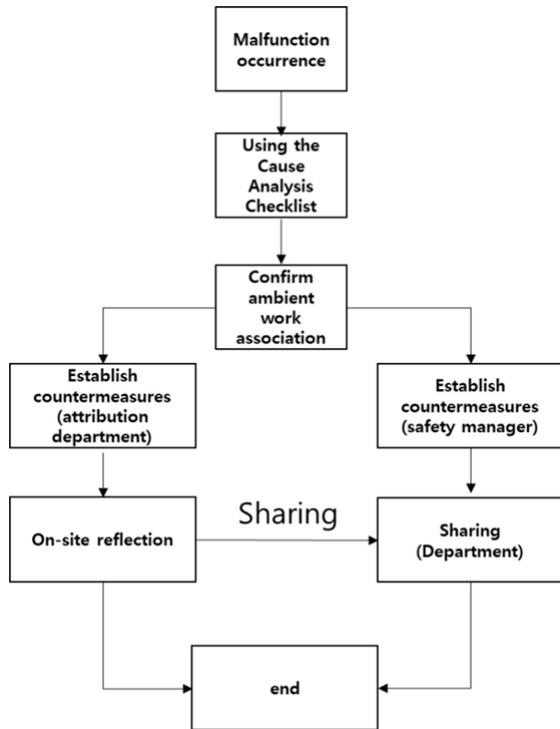
Definition of False alarm	Cause analysis
Environmental factors	1) Is there any place where smoke is generated around? 2) Is there an effect such as heating that increases the ambient temperature? 3) Is there any welding work around? 4) Are there any dusty places around here?
Functional factor	1) Is there a sensor defect? 2) Is there any electrical or physical impact on the enclosure? 3) Are there any special items such as foreign substances in the product? 4) Is there an electrical or physical defect in the cable? 5) Is the power value normal? Is the LED display of the detector normal? 6) Did the detector work? 7) Didn't the weather and condensation occur? 8) Are there any signs of insect invasion? 9) Is there any change in sensitivity?
Maintenance factor	1) Wasn't there a lot of dust during the surrounding cleaning work? 2) Is there any sign of flooding in the rain?
Installation factor	1) Wasn't it installed in a nonconforming place?
Human error	1) Is it due to work carelessness?

없을 것이다. 오동작을 발생시킨 기인물이 재오동작을 유발하지 않도록 Figure 3과 같이 오동작이 발생하면 지정된 화재알람 원인규명 담당자가 오동작 Check List를 기반으로 현장에서 오동작 원인을 파악, 분석하고 기인물이 기계적 단순 고장이 아닌 현장의 작업성과 연관이 있는 경우에는 해당 작업부서로 오동작 발생 여부를 전달하고 작업시 주변 화재감지기 오동작 유발 원인에 대한 대책방안을 수립하도록 안내하여 현실적인 방안이 제시되도록 한다. 또한 수립된 대책방안은 전체 부서 공유 및 회전개를 통해 현장의 재발을 방지하여 화재감지기

오동작을 단절함으로써 최종 가설을 검증한다. 비화재보 단절의 개선효과 확인은 Table 3 과 같이 소방시설별 오동작의 원인을 분석하여 구분하고 발생된 원인의 최종가설에 대한 개선대책 시행 전, 후 오동작 건수를 비교분석하여 대책방안 시행전 월평균 발생 건수 대비 개선점을 비교하여 수립된 대책방안의 개선 효과를 단절, 재발, 개선으로 구분하여 검증할 수 있고, 단절되지 않은 대책방안들은 추가적인 대책을 수립하여 현장에 적용하여 개선할 수 있다.

<Table 3> Define False alarm and Cause analysis checklist

Tool	cause		Improvement plan	Improvement effect				Remarks	
				period		Number of malfunctions (Monthly average)			Improvement Criteria
				Before	After	Before	After		
Smoke detector	cause1	Cleaning dust, steam.		1/20~12	1/21~7	0.8	0.1	≤ 0.8	Improve
	cause2	Construction dust		1/20~12	1/21~7	0.5	0.7	≤ 0.5	Relapse
	cause3	Welded fume		1/20~12	1/21~7	0.5	0	≤ 0.5	Disconnection
Pressure switch	cause4	S/P Head breakage		1/20~12	1/21~7	0.8	0.1	≤ 0.8	Improve
	cause5	Human error (inspection)		1/20~12	1/21~7	0.5	0.7	≤ 0.5	Relapse
transmitter	cause6	Human error (Working)		1/20~12	1/21~7	0.5	0	≤ 0.5	Disconnection
flamesensor	cause7	Welding arc light		1/20~12	1/21~7	0.5	0	≤ 0.5	Disconnection



[Figure 3] Integrated monitoring system

5. 결론

이 연구는 약 3만개 화재감지기가 설치된 국내 반도체 제조공장에서 2019년 1월부터 2021년 12월까지 발생된 163건의 화재감지기의 가성 알람의 다양한 원인을 분석·규명하는데 NFPA 921 과학적 방법론을 적용함으로써 객관적이고 체계적인 비화재보 원인분석이 이루어질 수 있도록 하여 새로운 비화재보 정의를 규정하고, 비화재보 정의의 구분에 따른 효과적인 원인분석 기법을 제시하였다. 연구결과 는 다음과 같다.

첫째, 필요성인식 및 문제의 정의 측면에서 소방시설의 비화재보에 대한 인식 부족과 성급한 판단을 내린다면 비화재보의 정확한 원인을 도출하기보다 감지기 불량 등 설비 자체 결함에 한정되어 지속적인 비화재보가 발생할 수 있고, 현장의 공정이 복잡하고 넓은 경우 화재감지기의 위치 및 설치공간 정보가 명확하지 않아 불필요한 신고를 하게 되고 이를 통해 소방서의 헛걸음 출동, 재실자 피난 대피 등이 발생 되어 최종 소방시설에 대한 신뢰성을 잃을 수 있다. 이와 같은 Risk를 최소화하기 위해 주소형 아날로그식 감지기 및 통합감시 시스템을 제안하였다. 빠른 정보전달은 현장의 화재 진,가성 여부를 조기에 알 수 있어 현장의 혼선을 예방하는 데 도움이 될 것이다.

둘째, 자료분석, 가설수립 측면에서 비화재보 발생 공간의 주변 작업자 및 최초 목격자의 진술이 필수적으로 중요

한 사항이지만 당혹감과 불안감에 현장 이탈 등으로 비화재보 원인에 대한 진술을 확보하기 어려워 소방안전관리자 및 관계인들의 추측성 원인 및 비화재보의 정의가 명확하지 않아 다양한 분석의 오류를 통해 비화재보는 개선되지 않는다. 이러한 원인분석 오류를 방지하기 위해 3년간 비화재보 발생을 분석한 결과를 토대로 비화재보 요인을 5가지로 정의하고 각 요인별 발생 원인을 구분하여 비전문가도 비화재보 원인을 찾을 수 있고 동일한 분석이 가능하도록 Check List를 제안하였다.

마지막으로, 가설검증, 최종 가설선택 측면에서 비화재보 원인분석 Tool을 이용하여 참원인을 도출하였지만 기인물이 현장의 작업성 면지등으로 현장의 도움 없이는 비화재보를 개선하기 어려운 부분들이 있다. 하여 수립된 가설을 검증하더라도 해당 내용을 안전관리자 및 관계인들만 알고 있다면 현장은 변화가 없을 것이다. 따라서 동작을 발생시킨 기인물이 재오동작을 유발하지 않도록 비화재보 개선 종결 프로세스 및 최종가설검증 Sheet를 제안하였다.

이 연구는 NFPA 921의 과학적 방법론에 따른 비화재보 원인조사에 대한 접근으로 반도체공장 외 소방시설이 설치된 건축물에 비화재보 원인분석 Check List 및 개선 절차를 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

6. References

- [1] Ministry of Government Legislation(2023a, September 17), Korean Law Information Center, Technical standards for type approval and product inspection of fire detectors.
- [2] Ministry of Government Legislation(2023b, September 17), Korean Law Information Center, Fire safety technical standards for automatic fire detection equipment and visual warning devices (NFTC203).
- [3] K. H. Lee(2022), "Non-fire beam and malfunction prevention technology of analog detectors and IOTization of self-exploration equipment." The Proceedings of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, 36(4):18-21.
- [4] G. H. Lee, S. C. Lee(2021), "Computational analysis of unwanted fire alarm characteristics of smoke detector by humidity." Proceedings of 2021 Annual Conference, The Society of Air-conditioning and Refrigerating Engineers of Korea, pp. 325-328.

- [5] B. K. Seo, S. G. Nam(2016), "Study of the improvement of false fire alarms in analog photoelectric type smoke detectors." *Fire Science and Engineering*, 30:108-115.
- [6] D. H. Baek, E. S. Kim, J. M. Lee(2010), "The influence on computational center for false alarms." *Proceedings of 2010 Annual Conference, Korean Institute of Fire Science & Engineering*, pp. 102-105.
- [7] X. He, Y. Feng, F. Xu, F. F. Chen, Y. Yu(2022), "Smart fire alarm systems for rapid early fire warning: Advances and challenges." *Chemical Engineering Journal*, 450: Part 1. doi: 10.1016/j.cej.2022.137927
- [8] S. Festag(2016), "False alarm ratio of fire detection and fire alarm systems in Germany-A meta analysis." *Fire Safety Journal*, 79:119-126.
- [9] K. J. Park, Y. K. Lee, S. S. Cha, et al.(2018). "Scientific fire investigation by NFPA 921 CODE based on frozen warehouse fire case." *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 19:78-85.
- [10] K. Kim(2022), "Scientific fire cause investigation plan by NFPA 921." Master's thesis, Woosuk University Graduate School.
- [11] N. F. Quiroz, R. Walls, A. Cicione(2021), "Developing a framework for fire investigations in informal settlements." *Fire Safety Journal*, 120:103046. doi: 10.1016/j.firesaf.2020.103046
- [12] National Fire Protection Association 72(2016), National fire alarm and signaling code.
- [13] British Standard Institute 5839-1(2017), Fire detection and fire alarm systems for building.
- [14] S. Kim(2022), "Necessity and suggestions for improving the recognition of non-fire beams by understanding the response characteristics of smoke detectors in non-fire beams." *The Proceedings of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers*, 36:9-17.
- [15] K. H. Lee(2022), "Non-fire beam and malfunction prevention technology of analog detectors and IOTization of self-exploration equipment." *The Proceedings of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers*, 36(4):18-21.
- [16] G. H. Lee, S. C. Lee(2021), "Computational analysis of unwanted fire alarm characteristics of smoke detector by humidity." *Proceedings of 2021 Annual Conference, The Society of Air-conditioning and Refrigerating Engineers of Korea*, pp. 325-328.
- [17] J. H. Cha(2016), "A study on improving the standard related to fire alarm malfunction in security system." *Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities and Sociology*, 6:675-682.

저자 소개



홍상혁

우석대학교 일반대학원 소방·안전공학과 박사과정

관심분야: 소방전기, 소방기계, 소방방재정책 등



공하성

학 위: 행정학 박사, 공학 박사

경력: 대한안전경영과학회 편집위원, 한국 화재소방학회 평의원 역임

관심분야: 소방전기, 소방기계, 소방방재정책 등
근무지: 우석대학교 소방방재학과 교수