15명의 사상자가 발생한 공장화재의 타임라인 및 사상자 발생 실태 분석

Analysis of Timeline and Casualties of a Factory Fire

이의평*

Lee, Euipyong*

Abstract

A factory fire usually does more damage to property than to life when compared to fires affecting other buildings. Unlike general factory fires, a fire that occurred in an electronics factory, at around 3:40 p.m. on August 21, 2018, had 15 casualties, 9 dead and 6 wounded. In this study, the timeline and the status of casualties of this factory fire are analyzed, in detail, based on fire investigation results and other data collected at the site.

Key words : Factory Fire, Catastrophic Fire, Fire Case Analysis, Fire Investigation

요 지

공장화재는 다른 용도의 건물화재에 비해 재산피해는 많이 발생하나 인명피해는 적게 발생하는 특징을 갖고 있다. 2018. 8. 21. 15:40경 발생한 전자공장화재는 일반적인 공장화재의 특징과는 달리 9명이 사망하고 6명이 부상을 입는 인명피해가 발생하였다. 이 논문에서는 이 공장화재의 타임라인과 사상자 발생 실태를 화재조사결과 등을 토대로 구체적으로 분석하고 있다.

핵심용어 : 공장화재, 대형화재, 화재사례분석, 화재조사

1. 서 론

소방의 2014년~2018년 화재통계에 의하면 우리나라에서 매년 4만~5만 건의 화재가 발생하고 있다. 이들 4만~5만 건의 화재 중 대부분은 인명피해가 발생하지 않고 재산피해 규모도 작아서 사회적인 문제가 되지 않지만 화재발견 또는 119신고가 지연되거나 피난유도가 안 되는 경우에는 큰 피해를 야기하는 대형화재가 되어 사회적인 물의를 일으키고 있다. 소방에서는 재산피해 50억 이상, 사망자 5명 이상 이거나 사상자 10명 이상인 화재를 대형화재로 분류하고 있다. 29명이 사망하고 40명이 부상을 입은 2017년 12월 21일 제천스포츠센터 화재, 46명(화재발생 당일 37명, 3일 내 2명, 부검결과 외인사 7명)이 사망한 2018년 2월 23일

밀양세종병원화재, 9명 사망 5명 부상을 입은 2018년 8월 21일 인천 남동공단 소재 ○전자(주) 제1공장 화재를 비롯하여 2018년 12월 24일 서울 KT 아현국사 통신구화재 등 대형화재가 계속 발생하고 있다. 이미 발생한 이러한 대형화재를 제대로 분석하여야 대형화재를 예방하고 대응할 수 있는 대책을 수립할 수 있고 교육 자료로도 활용할 수 있지만, 많은 대형화재사례들 중 극히 일부만 구체적인 분석이 이뤄지고(Kim, 2003; Jeong, 2004; Lee, 2008, 2017, 2018a, 2018b, 2018c; Lee et al., 2012; Choi and Choi, 2016) 대부분은 시간이 경과하면 그대로 묻히고 마는 실정이며, 다수 사상자가 발생한 대형화재를 분석하려면 구체적인 타임라인 분석이 필수적이지만 타임라인 분석도 거의 없다(Lee, 2018e, 2019b).

*교신저자, 정회원, 전주대학교 소방안전공학과 교수(Tel: +82-63-220-2039, Fax: +82-63-220-2056, E-mail: krfirechief@empal.com)
Corresponding Author, Member, Professor, Department of Fire Safety Engineering, Jeonju University

이 논문에서는 공장화재 발생 실태 및 특징을 분석한 후, 2018년 8월 21일 발생한 ○전자 화재에 대해 저자의 현장조사결과, 관할 소방서의 화재현장조사서, 국립과학수사연구원의 법안전감정서 등을 토대로 타임라인 및 사상자 발생 실태를 구체적으로 분석한다.

2. 공장화재 발생 실태 및 특징 분석

공장화재 발생 실태를 분석하기 위해 국가화재정보센터(www.nfds.go.kr) 데이터를 통해 2014년~2018년 5년 동안의 통계를 추출하였다. Table 1은 연평균 전체화재 발생현황을, Table 2는 업종별 연평균 공장화재 발생현황을, Table 3은 전체화재 중 공장화재가 차지하는 연평균 비율을 나타내고 있다.

공장화재는 연평균 2,596.4건이 발생하여 11.6명이 사망하고 143.8명이 부상을 입으며 약 1,640억원의 재산피해가

발생하고 있다. 공장화재 1건당 재산피해는 6,320만 원 정도로 전체 평균보다 5.9배 많이 발생하고 있는 특징이 있다.

공장화재 업종별로는 금속기계 및 기구공업이 화재발생 건수도 많고 피해도 많은 특징이 있으며, 화학공업 업종은 연평균 건수는 182건으로 공장화재 중 7%에 불과함에도 사망 2명으로 공장화재 중 17.2%이고, 부상 27명으로 18.8%이며, 재산피해는 1건당 1억 3,500여만 원으로 공장 평균의 2.1배로 높은 특징이 있다. 화학공업 업종은 사망자, 부상자, 재산피해 모두 다른 업종에 비해 압도적으로 크게 발생하는 특징이 있다.

그리고 전체화재 중 공장화재는 발생건수로는 5.5~6.2%, 사망자는 2.0~5.7%, 부상자는 7.0~8.7%이나 재산피해는 30.2~42.1%를 차지하고 있어 재산피해 비율이 큰 특징이 있음을 알 수 있다.

Table 4는 원인별 연평균 점유비율을 나타내고 있다. 연평균 전체화재발생건수(43,299.6건)를 기준으로 하면 부주의

Table 1. Annual Average Fires in 2014~2018

Total fires	Deaths	Injuries	Property damage (×₩1,000)	Property damage per case (×₩1,000)
43,299.6	319.6	1,898.2	465,122,884.2	10,749.7

Table 2. Annual Average Factory Fires in 2014-2018

By industry	Fires	Deaths	Injuries	Property damage (×₩1,000)	P.d. per case (×₩1,000)
Whole factory	2,596.4	11.6	143.8	163,996,558.2	63,230.7
Mining	16.4	0.2	1.0	1,049,588.8	65,396.2
Metal machinery & instrument	843.2	1.2	33.4	24,311,058.8	28,379.8
Textile	204.6	0.6	9.2	14,864,509.2	72,547.2
Oil	27.2	0.0	1.8	2,046,943.8	72,384.0
Food	185.0	0.6	10.2	12,714,452.8	69,902.5
Ceramic & soil	33.4	0.0	1.0	477,421.2	14,749.3
Printing	45.2	0.4	5.0	3,242,653.6	75,410.7
Electric & electronic	116.8	2.2	6.8	13,480,673.0	112,803.3
Wood	178.2	0.4	7.0	10,645,887.8	59,108.1
Pulp and paper	55.6	0.0	2.8	4,656,275.8	84,912.3
Chemical	182.0	2.0	27.0	23,735,359.4	135,372.0
Others	708.8	4.0	38.6	52,771,734.0	75,295.3

Table 3. Annual Average Rate of Factory Fires in 2014-2018

Year	Fires (%)	Deaths (%)	Injuries (%)	Property damage (%)
2018	6.2	5.7	7.4	34.1
2017	5.9	2.6	8.7	35.3
2016	6.2	4.9	7.6	30.2
2015	5.5	2.0	7.3	35.3
2014	6.2	2.5	7.0	42.1

51.5%, 전기적 요인 21.8%, 기계적 요인 10.6%, 방화 10.2% 순이고, 연평균 공장화재발생건수(2,596.4건)를 기준으로 하면 기계적 요인 27.5%, 전기적 요인 24.6%, 부주의 25%, 방화 13.8% 순이다. 공장화재는 전체화재에 비해 부주의가 절반가량 낮은 비율이고 기계적 요인에 의한 화재 비율이 높은 특징이 있다.

Table 4. Comparison of the Annual Average Ratio of Total Fire and Factory Fire by Causes

Classification	Total fire (%)	Factory fire (%)
Electrical	21.76	24.58
Mechanical	10.56	27.45
Chemical	1.57	5.42
Gas leakage (explosion)	0.07	0.46
Traffic accident	1.15	0.03
Carelessness	51.47	25.04
Others	0.21	0.18
Natural	1.53	2.80
Arson	10.16	13.77
Unknown	1.53	0.26

대형화재는 2014년 5건(공장1건; 화학적 폭발, 257여억 원 피해), 2015년 5건(공장1건; 원인미상, 33여억 원 피해), 2016년 7건(공장1건; 원인미상, 60여억 원 피해), 2017년 9건(공장2건; 정전기-17여억 원 피해, 원인미상-4명 부상, 61억 원 피해), 2018년 15건(공장3건; 전기적 요인-2억 2,400만 원 피해, 원인미상-67억 원 피해, 원인미상-1명 부상, 125억 8,400만 원 피해)으로 공장 대형화재는 ○전자 화재를 제외하고는 인명피해가 발생하지 않고 있다(NFA, 2019). 화학공장 화재나 가스폭발 원인에 의한 공장화재를 제외하고는 공장 대형화재의 대부분은 인명피해가 크지 않고 재산 피해가 큰 특징이 있다.

3. 전자공장 화재의 타임라인 및 사상자 발생 실태 분석

3.1 화재 개요

2018년 8월 21일 15:40경 폭염특보가 발령 중 인천광역시 남동공단 소재 ○전자(주) 제1공장(지하1층 지상4층 건물로 연면적 15,785.55 m²로 2013년 6월 25일 사용승인이 됨) 제1동의 4층 복층 공간에서 화재가 발생하였다. 이 화재로 4층 3,527.2 m² 중 100 m² 정도가 소실되고 1,500 m²가 그을음 피해를 입었으며 4층에 근무하던 58명 중 9명이 사망하고 5명이 부상(1명-중상, 4명-경상)을 입는 피해가 발생하였다.

3.2 화재 발생 전 상황

3.2.1 제1공장 관리상황 개요

제1공장은 화재가 발생한 제1동(지하1층 지상4층으로 연면적 14,876 m²), 제2동(2층 44 m², 경비동), 제3동(9 m², 위험물저장소), 제4동(7 m², 약품저장소)로 구성되어 있다.

○전자(주) 측은 누적된 적자 경영으로 인해 제1공장에 대해 2016년 5월 2일 인천지방법원에 회생절차 개시신청을 하여 5월 24일 회생절차 개시가 결정되고, 당시 대표이사가 관리인으로 선임되었으며, 2017년 1월 19일 회생계획 인가 결정을 받아 법정관리 중에 있었다.

2017년 8월 30일 재무구조 개선을 위하여 한국자산관리공사에 제1공장을 209.9억 원에 매각하되 5년 내에 ○전자(주)가 우선 매수권을 행사할 수 있도록 하는 내용으로 계약하면서 “건물 관리에 관한 필요한 제반 업무 전반 (건물, 승강기, 냉난방시설, 소방시설, 정화 시설, 발전기 등 모든 시설, 인허가 서류 일체 및 용역 계약 등에 대하여 한국자산관리공사가 승계 하지 않고 ○전자(주) 측에서 영업자의 의무를 다하여야 하며, 모든 제반 절차를 준수해야 한다.”라고 약정하여 화재 당시에 ○전자(주)가 제1공장 건물 전체의 유지, 보수 등 관리의무를 담당하고 있었다.

3.2.2 화재발생 전 상황

화재가 발생하여 피해를 입은 제1동의 현황은 Table 5와 같다.

Table 5. The Area and the Height by Floor of the First Building

Floor	Floor area (m ²)	Floor height (m)
4F	3,527.2	6
3F	3,676.03	5.5
2F	3,676.03	5.5
1F	3,942.21	6
B1	384.76	-

제1동 전후면의 모습은 Fig. 1과 같고 화재가 발생한 4층의 평면도는 Fig. 2와 같다. 발화층인 4층은 건물 전면 기준 좌측 사무동(1,029.5 m²)과 중앙 공장동(1,638.82 m²)은 방화구획(콘크리트조)이 되어 있고, 중앙 공장동과 우측의 식당, 교육실 및 휴게실(858.88 m²)은 난연성 샌드위치패널로 구획되어 있었다. 4층의 공장동에서 사무동 측 피난 계단(평면도 좌측 하단)으로 연결되는 통로는 방화구획이 되어 있음에도 방화문이 설치되어 있지 않고 유리문(자동문)이 설치된 상태이었다. 4층 공장동은 바닥에서 반자까지 높이 2.55 m이고 반자에서 천장까지 높이 2.85 m (이하에서 4층 반자와 천장 사이의 공간을 ‘복층’이라 함)이었으며, 4층 전체의 천장면에는 우레탄폼이 시공된 상태이었다. 4층 공장동의 Fig. 2에 나타난 각 공간(실)은 난연성 샌드위치패널로 벽과 반자

Fig. 1. Front and Rear of the Factory Where the Fire Broke Out

Fig. 2. 4th Floor Plan (Lee, 2019a)

가 칸막이(구획) 되어 있었다.

복층 공간에는 공조기의 덕트와 전선 케이블 등이 설치되어 있고 천장의 보와 상판 아래에는 우레탄폼이 시공되어 있었다. 우레탄폼이 시공 되어 있는 복층 천장에서 누수나 결로가 발생되고 있어 2017년 11월 이후 누전으로 인한 정전이 여러 차례 발생하였음에도 설비관리팀 인원 감축과 긴축 운영 등으로 인해 별다른 개선대책을 취하지 못하고 있었을 뿐만 아니라 2017년 2월 부터는 복층 공간의 공조기 덕트의 발열이나 결로 여부, 전선 케이블이나 접속부의 발열 등 이상 유무에 대한 점검도 하지 않고 있었고, 폭염이 계속되어 공조기 가동률을 높인 관계로 전력사용량이 급증하는 상태이어서 전기적 원인으로 인한 화재가 발생할 가능성이 높은 상황이었다.

소방시설관리업체가 소방시설점검과 소방안전관리를 위탁받아 담당직원(남, 1990년생)을 지정하고 매일 소방시설 점검과 연 1회 이상 종합정밀점검과 작동점검을 실시하고 있었는데, 화재가 발생하지 않음에도 화재경보가 울리는

등 소방시설에 특이사항이 있는 경우에는 곧바로 조치를 해주고 있었다. 이 담당직원은 2018년 1월 15일 15:14경 경비실 경비원으로부터 4층 복층 화재감지기 회로의 단선 감지와 복구 신호가 반복되니 조치를 해달라는 연락을 받고 다음 날 10:55경 동료와 함께 방문하여 복층 연기감지기 회로와 연결된 4층 중계기에 저항을 쫓아 처리를 하는 등 4층 복층에 설치된 연기감지기와 4층 식당, 교육실, 휴게실 구역의 화재감지기가 화재를 감지하여도 그 신호가 화재수신기에 수신되지 못하게 한 상태이었다.

소방시설관리업체는 담당 직원을 포함한 3명으로 2018년 6월 19일 10:16~12:20 제1공장 종합 정밀점검을 하였는데, 저항을 쫓아 놓은 중계기가 화재신호를 보낼 수 없고, 자동화재 속보설비의 단자가 화재수신기에서 빠져 있고, 스프링클러 설비의 펌프 성능 시험과 4층 스프링클러설비 준비작동밸브의 작동 시험을 하지 않고, 4층 창고와 QP실에 설치되어 있는 완강기 앞에 적치물이 방치되어 있었음에도 형식적으로 소방 시설을 점검하고 이상이 없는 것으로 보고를 한

상태이었다.

그리고 제1공장에는 화재수신기가 정문 옆 경비실에 설치되어 있었는데, 소방안전관리자와 소방시설관리업체 담당 직원은 Fig. 3과 같이 화재수신기의 주음향장치, 지구경종, 비상방송, 부저, 사이렌이 있는 버튼에 ①~⑤가 적힌 노란 스티커를 붙여 주고 경비실 경비원에게 화재 경보음이 울리면 순차대로 버튼을 누르고 현장을 확인한 후 화재가 나지 않았으면 다시 돌아와서 빨간색 복구 버튼을 누르도록 교육을 한 상태이었다.

Fig. 3. Stickers (①~⑤) Attached to the Fire Receiver

화재수신기에서 축적 기능 시간을 30초로 설정하고 있어서 주음향장치가 울린 후 30초 후에 지구경종이 울리게 되어 있었다.

경비원이 화재경보가 울린다고 소방시설관리업체의 담당 직원(대리)에게 전화를 하면 화재수신기에 설치된 버튼을 차단하고 빨리 어떤 감지기에서 빨간 불이 들어오는지 확인하고 이상이 없으면 소방시설관리업체에 연락을 하도록 안내하고 있었다.

산업안전기사 국가기술자격증을 갖고 있는 직원(남, 1986년생)을 2급소방안전관리자로 관할소방서에 2017년 11월 20일 선임신고하였는데, 이 소방안전관리자는 제1공장에 근무하지 않고 1.5 km 떨어져 있는 제2공장에 근무하고 있었다.

이와 같은 상황이었으므로 4층 복층 공간에서 화재가 발생하면 화재 초기에 화재를 자동으로 감지할 수 없을 뿐만 아니라 화재수신기가 화재신호를 수신하더라도 근무자들에게 화재경보가 될 수 없고, 스프링클러설비 작동이 불확실뿐만 아니라 작동하더라도 복층 공간에 설치되어 있는 상향식 스프링클러설비 헤드로는 천장에 시공된 우레탄폼 화재를 진화할 수 없고(Lee, 2018d), 천장에 시공된 우레탄폼은 초기에 소화되지 못하면 1초당 10 m 정도로 급격히 연소확대될 뿐만 아니라 심한 유독성 가스를 분출하는 특징(Kim et al., 2009; Oh, 2013)이 있으므로 대형 인명사

고로 이어질 우려가 있는 상황이었다.

화재 당시 4층에는 58명(사무동 22, 전산실 2, 검사실(최종, 출하) 9, 개발 2, 창고 1, 신뢰성 3, BBT 6, QRB 2, 포장 3, 식당 3) 정도가 근무 하고 있었다.

화재는 Fig. 2에 나타난 4층 공장동의 입주 업체(PIC) 사무실(6.08 m × 6.05 m) 반자 위쪽의 복층 공간에서 발생하였다.

3.3 주요 타임라인 분석

2018년 8월 21일 근무자들의 카카오톡 대화내용과 공장 내외부의 CCTV 녹화영상(Fig. 2에 나타난 것처럼 4층에는 2대의 CCTV가 설치되어 있었음) 및 화재수신기 로그기록과 관계자 진술 조서 등을 통해 화재 전후 타임라인을 분석하면 다음과 같다.

3.3.1 15:40 설비 정전

2층 노광부서의 직원이 노광(도금이 입혀진 동판에 회로 모양을 만드는 작업) 내외의 장비 전원이 꺼져서 기계작동이 멈추었다고 사진을 찍어 15:40 카카오톡(○전자 설비방, 19명)으로 올렸고, 3층 핫프레스실 반장이 15:41 단체 카카오톡 방에 설비 정전이라고 올리고 설비관리팀 직원(대리)에게 전화를 하여서 3층에 위치한 설비관리팀 대리가 3층 핫프레스실로 가서 15:42경 메인 전원이 차단됨을 확인하고 옥상으로 올라가서 수변전실 쪽을 확인하였다. 당시는 기계설비는 전원이 차단되었지만 조명등 등 생활전기는 작동 중이었다. 설비관리팀 직원(대리)이 옥상으로 올라갔더니 옥상의 수변전실 쪽으로 노란 연기가 모락모락 나오고 있었다.

3.3.2 15:41:44 화재 징후 인지

4층 공장동에 위치한 전산실의 과장이 15:41 설비관리팀 직원(대리)에게 “대리님 4층 교육실 앞 큰일 남”이라는 문자를 카카오톡으로 보냈고, 15:42 교육실 앞쪽 복도에서 천장에서 검은 액체가 떨어지는 것을 촬영한 사진(식당에서 화장실 방향으로 촬영)을 카카오톡으로 보냈다. Fig. 4는 화물용 승강기 앞의 CCTV1이 전산실 과장이 천장을 확인하고 있는 모습을 15:41:44에 녹화한 영상이다.

Fig. 4. CCTV Image Recorded at 15:41:44

3.3.3 15:42:42 화재수신기 화재 신호 수신 및 지구경종 정지 버튼 누름

4층 공장동 화물용승강기 바로 옆에 위치한 옥내소화전함 안에 있는 중계기를 통해 화재신호를 정문 옆 경비실에 있는 화재수신기로 보내서 15:42:42에 화재수신기 주음향 장치가 경보를 발하였다. 이 경보를 듣고 경비실에 근무하는 경비원(남, 1961년생)이 화재수신기 쪽으로 이동하여 화재수신기에 ① (주음향), ② (지구경종), ③ (비상방송), ④ (부저), ⑤ (사이렌)이 적힌 노란 스티커가 붙여진 버튼(Fig. 3 참조)을 순차적으로 눌러 주음향정지, 지구경종정지, 비상방송정지, 부저정지, 사이렌정지를 하였다. 축적 기능 설정 시간 30초를 경과하여 화재수신기에서 지구경종 신호를 송출하려 하였으나 경비원이 지구경종 정지 버튼을 눌러 놓은 상태이어서 지구경종이 전혀 울리지 아니하였다. 15:42:51에는 4층 공장동 장비반입구를 통해 새어나오는 연기를 맞은편 공장의 CCTV가 녹화하기 시작하였다.

3.3.4 15:42:55 4층 복도 연기 발생

4층 공장동의 화물용승강기 앞에 설치된 CCTV1이 Fig. 5와 같이 15:42:55에 복도 반자 아래로 내려오는 연기를 녹화하기 시작하였고, 급격히 연기가 내려와서 Fig. 6과 같이 15:43:08에 연기로 완전히 뒤덮였다.

Fig. 5. CCTV Image Recorded at 15:42:55

Fig. 6. CCTV Image Recorded at 15:43:08

3.3.5 15:42:56 4층 스프링클러설비 화재감지기 작동

4층 준비작동식스프링클러설비 기동용 화재감지 A회로에서 15:42:56 화재수신기로 신호를 발신하고, B회로에서 15:43:05 화재수신기로 화재신호를 발신하였다. 15:43:14에 화재수신기에서 4층 공장동 준비작동식스프링클러설비 준비작동밸브의 솔레노이드밸브에 기동신호를 보냈다. 솔레노이드밸브 기동확인 신호가 오지 않았고, 진화 직후에 준비작동밸브가 폐쇄된 상태로 발견된 점으로 보아 스프링클러설비는 작동하지 않았다.

3.3.6 15:43:00경 4층 공장동 근무자 화재 목격

4층 공장동 출하검사실에 근무하고 있는 여직원(79년생)이 15:43경 창고에 있는 물건을 확인하려고 포장실 출입문을 통해 복도로 나왔는데, 식당 조리실 앞쪽 복도의 반자 석고보드 사이가 빨강고 재가 떨어져서 반자 쪽을 보니 반자 위쪽에 화염이 돌고 있었다. 반자 위쪽에 있는 화재를 목격하고 곧바로 반대방향 복도로 뛰어가면서 QRB실과 최종검사실의 직원들에게 화재 발생 사실을 알리고 사무동 피난계단으로 피난하였다. 피난 당시에는 복도에 조명등이 들어와 있었다.

그리고 15:43:00경 공장동 BBT실에서 6명(BBT실 근무자 1명, 고객사 2명 포함)이 회의를 하고 있는데 BBT실 뒤편 천장 쪽에서 무너지는 소리와 함께 스파크 튀는 소리가 나서 복도로 뛰쳐나가 사무동 피난계단으로 피난하였고, ○전자 직원 4명 중 1명이 사무동에 화재가 발생했음을 알려 사무동 근무자를 모두 피난하게 하였다. BBT실 근무자 1명은 전산실에서 사망한 상태로 발견되었다.

3.3.7 15:43:26 4층 공장동 정전

15:43:26 4층 공장동의 CCTV1이 정전으로 전원 off가 되었고, 15:43:48 CCTV2는 정전으로 전원 off가 되었다.

3.3.8 15:43:28 피난 개시

화재 인지 후 사무동 앞 피난계단으로 4층 사무동 로비를 촬영하고 있는 CCTV2에 Fig. 7과 같이 15:43:28 연기가 차기 시작하고 4층 공장동 근무자들이 피난하기 시작하는 모습이, 15:43:46 연기가 심하고 사무동 근무자들이 급히 피난하는 모습이 녹화되었다.

3.3.9 15:43:38 최초 119신고

15:43:38 옆공장 여직원이 4층 전면 화물용승강기 좌측의 장비반입구 위쪽의 연기를 보고 핸드폰으로 최초 119 신고를 하였다. 15:43:47 맞은편 공장의 지게차 운전자가 지게차 운전 중 4층 전면 장비반입구 위쪽 틈새로 분출하는 연기를 목격하고 핸드폰으로 119신고를 하였다.

Fig. 7. CCTV Images Recorded at 15:43:28 and 15:43:46

3.3.10 15:44:26 4층 전산실에 갇힌 여직원 119신고

전산실로 피난한 4층 공장동 QRB실 여직원(Table 7의 No.2 사망자)이 15:44:26에 49초간 100명이 갇혔고 빨리 살려달라고 핸드폰으로 119신고를 하였다. 또한 전산실로 피난한 4층 공장동 포장실 여직원(Table 7의 No.6 사망자)이 15:45:00에 1분 34초간 살려달라고 핸드폰으로 119신고를 하였다.

3.3.11 15:45:38 경비실 경비원 119신고

4층 사무동 근무자들이 지상으로 피난하여 15:44:23에 경비실로 뛰어 들어가고, 경비실 경비원이 15:45:38에 경비실 전화로 14초간 119신고를 하였다.

3.3.12 15:48:09 소방대 현장 도착

관할소방서 선착대가 15:48:09 현장에 도착하고, 15:49 대응1단계, 16:01 대응2단계를 발령하여 인명구조 및 화재진화 활동을 하였다.

3.3.13 타임라인 요약

이상 분석한 타임라인을 요약하면 Table 6과 같다.

3.4 사상자 발생 실태 분석

4층 공장동 입주업체(PIC) 사무실 반자 위쪽에서 발화된

화재로 인해 9명의 사망자와 6명의 부상자가 발생하였다. Fig. 8은 화재가 시작된 입주업체 사무실을 촬영한 사진으로 위 사진은 복층 공간의 천장쪽을, 아래 쪽 사진은 사무실 내부이다.

3.4.1 사망자

이 화재로 인한 사망자 발생 상황은 Table 7과 같다.

소방대가 도착했던 시점에 4층 전산실 창문에 머리를 내밀고 5명(2명 사망, 1명 부상, 1명 에어매트 구조)이 구조요청을 하고 있었다.

사망자 No.1은 최종검사실에 근무하는 협력업체 직원으로 전산실 창문에 매달려 있다가 소방대가 도착하고 1분 정도 경과한 시점에 첫 번째로 추락하여 사망하였는데, 검사실(최종, 출하)에 근무했던 다른 8명은 사무동 피난계단으로 피난하였고 이 직원만 전산실로 피난하여 사망하였다.

사망자 No.2는 QRB실 근무자 2명 중 1명으로 피난한 다른 1명에 의하면 통상근무 중인데 문을 두드려서 열어보니 출하검사에서 근무하는 직원(No.4 부상자)이 “불이 났으니 빨리 대피하라”라고 하여 화재 사실을 알게 되었고, 사망자 No.2와 함께 복도로 나와 사망자 No.2가 앞서 피난하고 있었는데 갑자기 되돌아갔고, 복도에 나왔을 때 검은 색 연기가 차 있었으나 주변 사물이 어느 정도 식별할 정도였다고 한다. 사망자 No.2는 소지품을 찾으러 사무실로 되돌아

Table 6. Time Lines (Lee, 2019a)

Time lines	Conditions
15:40:00	Power failure of production process equipment
15:42:42	Fire Receiver received Fire Signal from 4th floor. But, no fire alarm was issued because the fire alarm stop button was pressed
15:43:00	Witnessing a fire from the ceiling during the meeting at the 4th floor factory
15:43:26	Power outage in of the 4th floor factory
15:43:38	119 call from an employee at the factory across the other side
15:44:26	A female employee in the computer room on the 4th floor urgently called 119 for help
15:48:09	Fire crews arrived at the fire site

Fig. 8. Fire Origin

Table 7. Deaths

No.	Gender	Age	Working place	Cause of death	Location of discovery
1	Female	52	Final inspection	Falling death	Ground
2	Female	51	QRB	Falling death	Ground
3	Female	51	Restaurant	Asphyxiation	Front corridor of the restaurant
4	Female	59	Restaurant	Asphyxiation	
5	Male	38	BBT	Asphyxiation	Computer room
6	Female	24	Package	Asphyxiation	
7	Male	30	Package	Asphyxiation	
8	Female	34	Package	Asphyxiation	
9	Female	35	Computer	Asphyxiation	

갔다 정전이 되고 연기가 가득 차서 전산실로 피난한 것으로 추정된다. 4층 전산실 창문을 손으로 잡고 밖으로 매달려 있다가 사망자 No.1이 추락한 30초 정도 후에 추락하여 사망하였다. 사망자 No.2는 전산실 안에서 창문에 매달리기 전인 15:44:26에 49초간 100명이 갇혔고 빨리 살려달라고 핸드폰으로 119신고를 하였다.

No.3과 No.4 사망자는 외주업체 소속 식당 종업원으로 4층 식당 앞 통로에서 사망한 상태로 발견되었다. 당시 식당에는 일용직 근로자도 근무하고 있었는데 일용직 근무자는 화재 발견 후 피난한 점으로 미뤄보아 피난이 지체되어 정전이 되고 연기가 충만하여 질식사한 것으로 추정된다.

No.5 사망자는 BBT실 근무자로 당시 BBT실에서 6명이 회의를 하다가 화재를 인지하고 5명은 피난한 점으로 보아 피난이 지체되어 복도에 연기가 충만하자 전산실로 피난하여 전산실로 연기가 밀려와서 질식사한 것으로 추정된다. 전산실에 가장 늦게 피난해 온 직원이 출입문을 닫지 않아 복도의 연기가 전산실로 곧바로 밀려들어온 것으로 추정된다. 전산실 출입문이 닫히지 않은 것은 Fig. 9와 같은 출입문 위쪽의 그늘음 흔적을 통해 확인할 수 있다. 출입문 위쪽의 그늘음 흔적은 출입문이 열려 있는 상태에서 연기와 열기가 복도 쪽에서 전산실 쪽으로 유입된 경우에 나타나는

전형적인 화재패턴으로 닫혀 있는 상태에서는 나타날 수 없다(Lee, 2012).

Fig. 9. Entrance Door of the Computer Room (Lee, 2019a)

No.6 사망자는 포장실에 근무하는 협력업체 직원으로 최중검사실 직원에 의하면 무심결에 포장실 쪽을 바라보는데 천장 모서리에서 불꽃이 튀며 떨어져서 대피를 해야겠다고 생각하고 소지품을 챙겨 출입문 쪽으로 달려갔고, 무심결에 반자를 바라 볼 때 No.6 사망자가 “어! 어!”하며 자신 뒤에서 있었는데 소지품을 챙겨 피난하는 과정에 No.6 사망자가 보이지 않았다고 진술하고, 전산실에서 사망한 상태로 발견된 점으로 미뤄보아 사무동 피난계단으로 피난하지 않고 전산실로 피난하여 연기에 질식사한 것으로 추정된다.

No.6 사망자가 피난한 시점에 최중검사실 직원이 No.7과 No.8 사망자를 사무실(작업장) 안에서 목격하지 못하였다고 진술한 점을 감안하면 No.6 사망자에 앞서 전산실로 피난하여 연기에 질식사한 것으로 추정된다.

No.9 사망자는 15:41 설비관리팀 대리에게 “대리님 4층 교육실 앞 큰일 남”이라는 문자를 카카오톡으로 보내고, 15:42 교육실 앞쪽 복도에서 천장에서 검은 액체가 떨어지는 것을 촬영한 사진(식당에서 화장실 방향으로 촬영)을 카카오톡으로 보낸 전산실 과장이다. 전산실에서 설비관리팀에 화재 징후를 알리다가 피난이 지연되어 전산실에 갇힌 것으로 추정되며, 전산실 출입문 안쪽 입구 부근에서 발견되었다.

3.4.2 부상자

부상자 현황은 Table 8과 같다.

No.1~No.3 부상자들은 4층 공장동 신뢰성실에 근무 중이었는데 천장 쪽에서 쿵! 하는 굉음이 울려 복도로 나가보니 검사실 반자에 불꽃이 있어 신뢰성실에 있는 소화기를 들고 복도로 나가니 정전이 되어 어둡고 연기가 짙 차 있었다. 사무동 피난계단으로 피난하려고 하는데 너무 어두워 빛이 있는 곳으로 가보니 전산실이었다. 화재 시 연기로 인한 어둠 속에서 빛이 있는 곳으로 피난하는 것은 전형적인 피난특징 중 하나인 향광성(向光性)으로 제천스포츠센터 화재 시에도 창문에 매달려 있다가 에어매트로 뛰어내려 구조된 사례에서도 이러한 피난특성이 있었다(Lee, 2019b). No.1~No.3 부상자들이 전산실에 마지막으로 피난하였는데 경향이 없어서 출입문을 닫지 않은 것으로 추정되며, 이들이 전산실 안에 피난한 직후인 15:44:26에 QRB실 근무자(No.2 사망자)가 119신고를 하였다. 너무 뜨겁고 연기가 심해 119신고를 하던 직원(No.2 사망자)은 창문 밖으로 넘어가 창문

에 매달려서 No.3 부상자가 손을 잡아 주었다. No.1, No.2 부상자는 No.1, No.2 사망자가 추락한 후에 구조대가 에어매트를 펼치기 전에 뛰어내렸는데 뒤쪽 1층 출입문 현관 지붕 위에 떨어져 부상을 입었고, No.3 부상자는 에어매트를 펼치는 중에 뛰어내려 구조되었다.

No.4 부상자는 15:43경 창고에 있는 물건을 확인하려고 포장실 출입문을 통해 복도로 나왔다가 식당 조리실 앞쪽 복도의 반자 석고보드 사이가 빨강고 재가 떨어지는 것을 목격하여 피난한 출하검사실 여직원으로 자력 대피하는 과정에 연기를 마셨다며 2주 진단을 받았고, No.5 부상자는 15:43경 No.4 부상자가 출입문을 두드리며 화재가 발생했다고 알려주어 피난한 QRB실 근무자 2명 중 1명으로 자력 대피하는 과정에 연기를 마셨다고 병원에 가서 2주 진단을 받았다.

No.6 부상자는 소방공무원으로 소화활동 중 연기를 흡입하여 부상을 입었다.

4. 결 론

공장화재는 일반적으로 많은 재산피해가 발생하지만 인명피해는 거의 발생하지 않는 특징이 있다. ○전자(주) 화재는 일반적인 공장화재와 달리 폭발이 발생하지 않고 주간에 발생했음에도 15명의 사상자가 발생하였으므로 타임라인과 사상자발생 실태를 구체적으로 분석하였다.

타임라인과 사상자 발생 실태 분석을 통해 많은 사상자가 발생한 이유를 아래와 같이 분석할 수 있다.

첫째, 15:40경 4층 복층에서 화재가 발생하였으나 복층 연기감지기회로와 연결된 중계기에 저항 처리를 하여 화재수신기가 화재발생 초기에 화재신호를 수신하지 못하고 15:42:42 화재신호를 수신하였다.

둘째, 화재수신기가 15:42:42 화재신호를 수신한 직후 경비실 경비원이 지구경종 등을 정지시켜서 화재경보가 되지 않았다.

셋째, 화재수신기에서 15:43:14에 4층 준비작동밸브의 솔레노이드밸브에 기동신호를 보냈으나 솔레노이드밸브가 작동하지 않아 스프링클러설비가 작동하지 않았다.

넷째, 사상을 당한 4층 근무자들은 15:43:00경 화재발생 사실을 알았고, 15:43:09 복도에 연기가 가득차고, 15:43:26

Table 8. Injuries

No.	Gender	Age	Working place	Degree of injury	Cause of injury
1	Female	31	Reliability	16 week	Falling
2	Female	25		8 week	Falling
3	Male	31		8 week	Rescue by air mat
4	Female	54	Final inspection	2 week	Smoke inhalation
5	Female	34	QRB	2 week	Smoke inhalation
6	Male	41	Fire fighter	Minor	Smoke inhalation

정전이 되어 피난시간이 주어지지 않았다.

다섯째, 15:43:35경 전산실로 피난하며 전산실 출입문을 닫지 않아 전산실로 연기와 열기가 밀려들어가서 전산실에 갇힌 10명이 짧은 시간에 위험에 노출되었다.

여섯째, 화재경보가 안되어 화재발생 사실을 늦게 알게 된 식당 종업원 2명이 피난하려다가 복도에서 질식사하였다.

별도의 논문(Lee, 2019a)에서 이 공장화재에서 다수 사상자가 발생한 원인을 종합적인 관점에서 분석하고 있으니 참고하기 바란다.

그리고 이 논문을 통해 다수 사상자가 발생한 화재는 화재조사 시 화재발생 전 상황뿐만 아니라 타임라인과 사상자별 사상원인을 조사하고 이들을 연계하여 분석하면 사상자가 발생한 구체적인 원인을 규명할 수 있음을 시사하고 있다.

감사의 글

이 논문이 소방안전교육 자료로 활용되고 추후 다수 사상자가 발생한 화재 시 화재조사를 하는데 참고가 되길 기대한다.

References

- Choi, S.B., and Choi, D.M. (2016). A study on fire risk of apartment house with pilotis structure: Focused on the fire case of Uijeongbu-si urban living homes. *Fire Science and Engineering*, Vol. 30, No. 3, pp. 48-54.
- Jeong, S.C. (2004). *Case study on the Daegu subway fire disaster accident in 2003*. Master's thesis, Kyungbook National University.
- Kim, H.K. Park, S.H., and Jung, T.H. (2009). A study on the alternatives for fire safety management by warehouse fire analysis. *Proceedings of 2009 Annual Spring Conference*, Korean Institute of Fire Science & Engineering, pp. 598-605.
- Kim, T.H. (2003). Analysis for Daegu subway fire. *Proceeding of 2003 Autumn Conference*, The Society of Air-Conditioning and Refrigerating Engineers of Korea, pp. 240-248.
- Lee, E.P. (2008). Problems and measures to prevent recurrence of cold storage fire. *Journal of the Architectural Institute of Korea: Planning & Design*, Vol. 24, No. 12, pp. 39-46.
- Lee, E.P. (2017). Investigation and analysis of a Goyang bus terminal fire. *Proceedings of 2017 Annual Autumn Conference*, Korean Institute of Fire Investigation, pp. 11-42.
- Lee, E.P. (2018a). Analysis of causes of casualties in Jecheon sports center fire: Focus on an initial response and management. *Fire Science and Engineering*, Vol. 32, No. 5, pp. 57-66.
- Lee, E.P. (2018b). Analysis of causes of casualties in Jecheon sports center fire: Focus on structural factors of building and equipment. *Fire Science and Engineering*, Vol. 32, No. 4, pp. 86-94.
- Lee, E.P. (2018c). Analysis of the causes of catastrophic damage of Goyang bus terminal fire and the preventive measures for similar catastrophic fires. *Journal of Scientific Criminal Investigation*, Vol. 12, No. 1, pp. 39-48.
- Lee, E.P. (2018d). Analysis of the working conditions of fire protection systems in the Goyang bus terminal building fire. *Fire Science and Engineering*, Vol. 32, No. 3, pp. 95-107.
- Lee, E.P. (2018e). Time line analysis before fire brigade arrival on Jecheon sports center fire. *Journal of Scientific Criminal Investigation*, Vol. 12, No. 4, pp. 265-273.
- Lee, E.P. (2019a). Analysis of the causes of multiple casualties in an electronics factory fire. *Fire Science and Engineering*, Vol. 33, No. 4, pp. 130-139.
- Lee, E.P. (2019b). Time line analysis after fire brigade arrival on Jecheon sports center fire. *Journal of Scientific Criminal Investigation*, Vol. 13, No. 1, pp. 50-59.
- Lee, S.H. (2012). *Theory and practice on fire investigation*. Paju: Donghwa technology publishing company, pp. 25-26.
- Lee, Y.B., Jeong, C.H., Jeong, T.J., and Kim, H. (2012). An experimental study on the fire characteristic of national museum. *Journal of the Fire Investigation Society & Equipment Technology*, Vol. 3, No. 2, pp. 81-88.
- National Fire Agency (NFA). (2019). *2018 Fire Statistical Yearbook*. pp. 433-435.
- Oh, B.Y. (2013). *A study on the fire risk of special combustible materials*. Master's thesis, Gacheon University.

Received	October 17, 2019
Revised	October 21, 2019
Accepted	November 11, 2019