

건축물 화재 시 피난개시과정의 주요 특성 및 요소에 관한 연구 - 일본 등 해외 화재사례를 중심으로 -

A Study on the Main Characteristics and Factors of the Process of Beginning Egress during the Fire at the Buildings - Focus on Overseas Fire Cases including the Japanese -

박재성

Jae-Sung Park

한국사이버대학교 소방방재학과
(2012. 1. 10. 접수/2012. 3. 20. 수정/2012. 4. 13. 채택)

요 약

화재가 발생하고 피난이 개시되기까지의 과정에서 재실자의 행동을 예측하고, 그 과정에 소요되는 시간을 줄이는 것은 피난안전의 성패를 좌우할 수 있는 중요한 요소라고 할 수 있다. 본 연구에서는 피난개시과정을 예측할 수 있는 논리적 근거를 마련하고자 연구문헌과 이론, 화재사례 등의 비교·분석 등을 하였다. 그 결과로서 화재발생장소와의 공간적 위치와 격리에 의해 피난개시까지 경과시간에는 상당한 차이가 발생하며, 후각 및 청각적 징후는 그것을 화재라고까지 바로 인지하지 않으며 시각적 징후 또는 피난방송, 다른 사람에게 의한 통보 등에 의해 화재로 인지하는 경향이 강한 것으로 분석되었다. 또한 화재를 인지한 후 바로 피난하는 재실자는 극소수에 불과하며, 피난개시까지 경과시간은 건물의 규모가 클수록 재실자별 경과시간의 편차가 크고, 호텔과 같은 숙박용도는 건물의 규모에 상관없이 경과시간의 편차가 크게 발생하는 것으로 분석되었다.

ABSTRACT

Predicting occupants' behaviors from the start of the fire to egress and reducing the time required for such process are critical matters that can decide success and failure of safe egress. In this research, research literatures and theories and fire cases were compared and analyzed so as to prepare logical grounds that could predict the process of beginning egress. As a result of this research, there was a significant difference in the time elapsed until people start evacuating due to spatial positions and quarantine from the place from which the fire originated and their auditive and olfactory signs did not recognize the fire instantly and they showed a strong tendency to recognize the fire by visual sign, warning announcement for egress and notice by others. And the results also showed that only a very small minority of occupants evacuated as soon as they perceived the fire and that variation in the time elapsed until evacuation begun for occupants were wider as the size of building was bigger and that accommodations such as hotel had wider variation in the time elapsed regardless of the size of buildings.

Key words : Egress behaviors, Occupants, Egress preparatory behaviors, Time to start egress

1. 서 론

최근 건축물이 대규모화, 초고층화, 복합화 되어 감에 따라 안전하고, 신뢰도 높은 피난환경을 구축하기 위해서는 화재 시 재실자의 피난행동을 예측하는

것이 무엇보다도 중요하다고 할 수 있다.

피난은 화재로부터 발생하는 새로운 징후 및 정보와 함께 행동단계를 새롭게 결정해야 하는 지속적인 과정이다. 공학적인 관점에서는 화재 징후와 인지, 화재인지 후 행동, 이동이라고 하는 3단계로 과정을 단순화할 수 있다. 피난개시과정은 화재 징후와 인지, 화재인지 후의 행동까지라고 볼 수 있다.

E-mail: jsparkgod@empal.com

화재로부터 발생한 징후를 인지한 재실자는 정보의 수집 및 해석을 통해 화재로 인지하게 되며, 피난개시, 소화의 결정, 소방서에 통보 또는 인지한 정보를 완전히 무시하는 등의 다양한 형태의 의사결정을 하게 된다. 이 단계는 연기나 화염, 연소시 발생하는 냄새, 다양한 소음, 다른 사람들의 통보, 화재 또는 피난경보 등 화재징후 및 정보를 인지하는 사람에 의해서 시작된다. 따라서, 화재가 발생하고 피난이 개시되기까지의 과정에서 재실자의 행동을 예측하고, 그 과정에 소요되는 시간을 줄이는 것은 피난안전의 성패를 좌우할 수 있는 결정적 요소라고 할 수 있다.

본 연구에서는 화재 징후의 인지에서 피난을 완료하기까지 전체 피난행동단계에서 화재징후를 인지하고 피난을 개시하기까지의 과정에 영향을 미치는 요소 중 예측가능한 결정적 요인을 기존 문헌과 이론 등의 비교·분석, 일본 등 외국에서 오래전부터 축적해온 화재사례 및 사례분석의 재해석 등을 통하여 피난자의 피난개시행동을 예측할 수 있는 논리적 근거를 마련하는데 본 연구의 목적을 두고 있다.

2. 피난개시과정의 개념 고찰

화재가 발생한 후 피난을 개시하기까지는 화재 발생, 화재 징후 인지, 화재 확인, 피난행동의 준비 등의 과정을 거쳐 피난을 개시하게 된다. 따라서 피난개시시간은 화재의 발생에서 화재를 인지하기까지 시간과 화재인지 후 피난행동을 준비하기까지 시간으로 규정할 수 있다. 화재의 발생에서 피난을 개시까지 과정에서 시간손실을 줄이는 것은 인명안전을 위해서 무엇보다 중요하다.

일본, 미국 등의 여러 화재사례를 통해 화재발생으로부터 피난을 개시하기까지 재실자의 행동을 분석한 연구가 보고되어 있지만, 일반적으로 피난개시시간에 관한 정확한 데이터를 도출하는 것이 곤란한 경우가 많다. 그러나 피난개시까지에 소요되는 시간이 전체 피난행동에 소요되는 시간에서 큰 부분을 점유하는 것으로 화재사례에서 나타나고 있기 때문에 피난개시에도 도달하기까지의 과정을 분석하고, 피난개시시간에 관련된 요인이나 화재의 확대상황에 따른 대응으로부터 피난개시시간 등이 파악되어야 한다.

피난개시까지의 과정을 화재, 재실자, 공간 등 다양한 상황을 고려하여 명확히 분류한다는 것은 불가능하지만, 추상적인 단계에서 Figure 1과 같은 흐름으로 구성할 수 있다. 결국 인간은 무엇인가 정보를 인지한 후, 그 정보를 해석하고, 행동으로 이동하는 흐름으로서 이

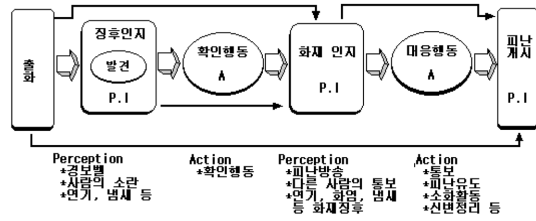


Figure 1. The flow of fire outbreak to beginning egress.

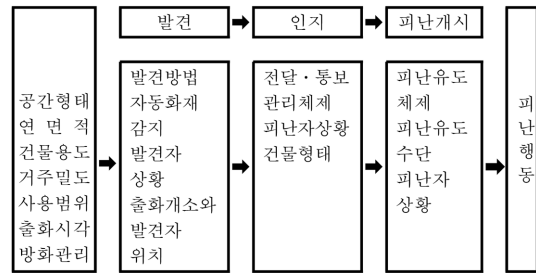


Figure 2. Related factors until egress began.

해하는 것이 적절한 것으로 판단된다.

기존 연구에서는 피난개시까지의 과정을 출화, 인지, 피난이라고 하는 흐름으로 전개하는 것이 일반적이라는 견해도 있지만, 화재인지 후에 즉시 피난을 개시한다고 가정하여도 반드시 징후를 인지한 단계에서 곧 화재라고 단정하는 사람들은 소수에 불과하다. 이 때문에 평상시와 다른 상황을 인지한다고 하는 이상 징후의 인지를 화재로 받아들이는 화재의 인지와 구별해야 한다.

피난을 개시하기까지 관련되는 요인에 관해서는 Figure 2와 같은 항목으로 구분하여 규정할 수 있다.¹⁾

3. 화재징후 인지와 확인과정 행동 분석

3.1 화재징후의 종류 및 영향요소

화재징후는 화재와 연소 과정에 관련된다. 화재 징후는 연기 냄새, 매운 냄새 등과 같은 후각적 징후와 백색의 엷은 연기부터 검은색의 짙은 연기까지 눈에 보이는 연기, 섬광, 화염과 같은 시각적 징후가 있다. 또한 화재는 가연물의 연소음과 같은 청각적 징후를 발산하게 되며, 열은 피부를 통해 느낄 수 있는 또 다른 잠재적 징후이라고 할 수 있다.

화재의 연소과정에서 발생하는 징후 외에는 화재경보벨과 같은 건물 신호설비로부터의 징후, 다른 사람에 의한 구두 통보, 다른 사람의 행동 또는 소방대의

도착 등과 같은 다른 사람들로부터의 징후, 정전 등과 같은 건물 서비스 중단으로부터의 징후 등이 있다.

건물의 특성은 재실자에게 징후의 전달에 상당히 영향을 줄 것이다. 환경 소음, 냄새와 조명, 구획의 정도, 천정고, 환기조건 등과 같은 요소들은 징후 전달을 신속하게 하거나 지연시킬 수 있다.

재실자의 상태는 화재 징후를 인지할 수 있는 개인 잠재력의 주요한 결정 요소가 될 것이다. 재실자가 취침 또는 목욕, 음악감상 중이거나 알콜 또는 약물에 취한 상태일 때는 모든 화재 징후를 감지하지 못할 수 있다. 또한 인간의 선입견은 징후들을 인지할 수 있는 능력을 저하시키는 중요한 요소로 작용하게 된다. 화재 징후에 대해 재실자가 즉시 인지하지 못할 수 있다는 가정 하에서 접근되어야 할 것이다.

3.2 화재사례를 통한 분석

화재사례를 통한 연구는 화재가 발생한 건물에서 피난행동을 전개한 사람들에게 대한 인터뷰 또는 앙케트 조사에 의해 시행된다. 그러나 화재 시 재실자들은 심리적 동요와 초조감 때문에 시간의 흐름을 파악하지 못하고 있는 경우가 많고, 신뢰도 있는 응답을 얻지 못하는 경우가 많기 때문에 연구에 많은 어려움이 있다.

일본에서 中出 聰와 室崎益輝²⁾은 「고베시 소방국 화재통계」와 「특이화재사례」를 이용하여 피난개시시간에 영향을 미치는 요소에 관해서 분석을 행하였다. 화재 시 발생되는 징후에 따른 인지시간은 Figure 3에 보여지는 것처럼 열기나 불꽃을 본 경우에 가장 빠르고, 연기나 타는 냄새를 느낀 사람은 비교적 느린 결과를 보여주고 있다. 이것은 화재를 인지한 사람이 발생장소 또는 주변에 위치한 경우에는 직접 화염을 볼 수 있기 때문에 화재라고 신속하게 인지할 수 있었던 것으로 판단된다. 한편 발생장소로부터 떨어진 위치에 있던 사람은 어느 정도시간이 경과된 후 연기나 냄새가 그 장소에 전파된 시점에서 화재를 인지하고 있기 때문에 시간이 느려지게 되는 것이다.

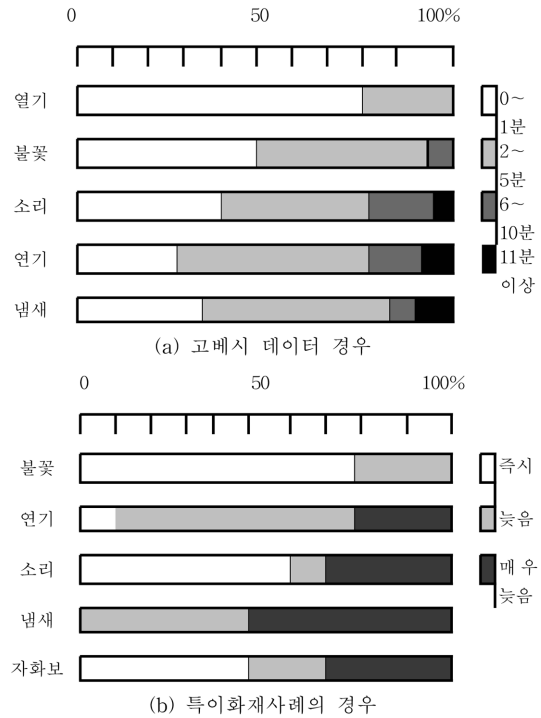


Figure 3. The time for recognition by fire signs.

일본 오사카 東淀川고층맨션 화재³⁾는 1978년 11월 14일 19시 11분 9층에서 발생하여 한명이 사망하였다. Table 1과 같이 출화층인 9층에서는 연기, 이상한 냄새 등 후각적 화재징후로부터 인지한 사람이 대부분이다. 이는 Figure 3의 분석결과와 상반되는 것으로 이해될 수 있지만, 고층맨션의 경우 세대마다 구획이 형성되어 있어 다른 세대에서 불꽃이나 열기를 직접 인지하기에는 어려운 공간적 특성에 기인한 것으로 판단된다. 결국 화재 시 발생되는 연소생성물이 발생지점에 가까운 장소에 있는 재실자에게는 가장 먼저 인지할 수 있는 징후가 된다는 것으로 분석할 수 있다.

출화층이 아닌 다른 층에서는 소방차의 사이렌 소리,

Table 1. Fire Recognition for Each Floor During the Fire at High-rise Mansion, Dongjungchon

	소방차 사이렌	연기	이상한 냄새	사람 소음	사람으로부터 알려줌	방송	피난자수
8F	14(60.9)	7(30.4)	2(8.7)	13(56.5)	12(52.2)	3(13.0)	23
9F	7(26.9)	20(76.9)	21(80.8)	5(19.2)	2(7.7)	0(0.0)	26
10F	17(70.8)	12(50.0)	4(16.7)	7(29.2)	7(29.2)	3(12.5)	24
11F	14(53.8)	13(50.0)	8(30.8)	8(30.8)	13(50.0)	1(3.8)	26
12F	10(62.5)	4(25.0)	5(31.3)	3(18.8)	7(43.8)	3(18.8)	16

* () 은 층별 피난자수를 기수로 한 %.

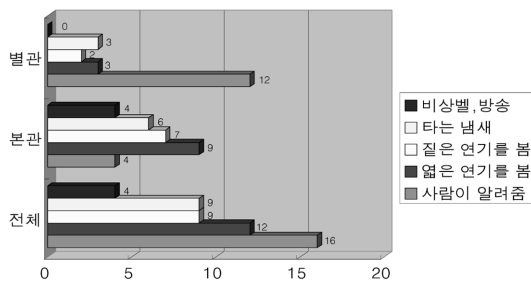


Figure 4. Reasons of fire recognition (The number of replies: 50, multiple replies accepted).

다른 사람으로부터 통보 등에 의한 인지가 많다. 따라서 층별로 인지시간에 상당히 차이가 있다는 것을 알 수 있다. 즉 소방차의 사이렌 소리, 사람의 소음 또는 통보로부터 인지했다고 함은 화재 발생시간 보다 상당히 늦게 인지한 것이다.

화재 징후 및 화재의 인지시간은 東淀川고층맨션 화재와 같이 재실자가 화재발생 지점과 위치적으로 어떠한 관계에 있는가와 구획의 정도, 소음, 환기조건 등과 같은 건축적 특성, 재실자의 상태와 관련된다.

일본 白浜溫泉호텔 화재는 1998년 11월 17일 18시 38분 본관 4층에서 발생하여 12시간 동안 지속되었고, 화재 시 직원 32명, 숙박객 46명이 재실하고 있었다. 호텔은 3개의 건물로 구성되었으며, 건물간을 연결시키는 연결통로에는 방화문이 설치되어 있었다. 화재가 발생한 본관에 있던 호텔 직원 중 3/4이 징후를 인지했지만, 2개의 별관에서는 징후를 인지한 호텔 직원은 약 1/3 정도에 불과하다. Figure 4는 건물별로 이상 징후를 화재라고 인지한 이유에 관해서 조사한 결과이다.⁴⁾

건물 전체에서는 「다른 사람이 알려줌」이 가장 높은 비율을 나타내고, 그 다음이 「얇은 연기를 봄」이다. 「얇은 연기를 봄」과 「짙은 연기를 봄」을 합하면 약 40%의 직원이 연기를 목격하고서 화재라고 인지한 것이다. 또한 건물별로는 본관에서는 「연기를 봄」, 별관에서는 「다른 사람이 알려줌」이 다른 요인에 비하여 큰 비율을 보여준다. 즉 출화 지점에 가까운 공간에서는 화재 시 발생하는 생성물이 신속하게 전파되지만, 먼 공간에서는 오히려 다른 사람에 의한 정보의 전달이 빠르기 때문이다.

화재발생 지점과 공간적으로 격리되어 있는 곳에 있는 재실자들이 신속히 화재를 인지하고, 피난하기 위해서는 다른 사람들에 의한 통보가 중요함을 알 수 있다. 따라서 다른 사람들에 의한 통보가 이루어지지 않을 경우 피난개시가 늦어서 대형 인명피해가 발생할

Table 2. Comparison between England and America on Signs of Fire Recognition

징후	국가	
	영국 %	미국 %
화염	15.0	08.1
연기	34.0	35.1
소음	09.1	11.2
비명	33.0	34.7
경보벨	07.0	07.4

확률이 높아진다.

화재 징후에 반응하는 민감도는 성별에 따라 약간의 차이가 있다. 공통적으로 시각적 징후에 가장 민감하지만 남성은 화염과 비명소리, 경보벨 등 청각적 징후에 여성 보다 민감하고, 여성들은 연기를 보거나 맡는 등 후각적 징후에 남성 보다 민감하게 반응한다.⁵⁾

영국인과 미국인이 화재라고 인지하게 되는 징후의 차이에 관한 Bryan⁶⁾의 연구에 의하면 양국 사람간의 징후별 큰 차이는 없으며, 연기와 비명소리가 화재를 인지하는데 중요한 역할을 하는 것으로 나타났다.

이상의 결과를 통해 화재징후의 인지 및 확인 단계를 공간적 측면에서 분석해 보면, 화재 발생지점에 가까운 위치에 있는 경우 화재 시 발생하는 화염이나 연기 등 연소생성물에 의해 신속하게 화재 징후를 인지한 후 그것을 화재라고 인지하기까지 경과시간은 길지 않다. 그러나 화재가 발생한 지점과 다른 층에 있는 등 공간적으로 격리되는 경우에는 화염이나 연기 등 직접 징후보다는 간접적 징후 즉, 다른 사람에 의한 통보, 소란한 소리, 사이렌 소리 등에 의해서 화재를 인지하게 되며, 그 시간에는 상당한 차이가 발생하게 된다.

화재 징후 측면에서 분석해 보면, 연기의 냄새를 맡거나, 화재경보벨의 울림을 들은 재실자들은 그것을 단지 화재의 징후로만 받아들일려고 하는 경향이 강하다. 특히 화재경보벨 소리는 연기 냄새보다도 화재로 인지하는 경향이 약하다는 것을 알 수 있다. 따라서 재실자는 후각 및 청각적 징후는 그것을 화재라고까지는 바로 인지하지 않으며, 시각적 징후 또는 다른 사람에 의한 통보 등에 의해 비로소 화재라고 인지하기 때문에 화재발생 후 많은 시간이 경과하게 되는 것이다.

3.3 실험연구 결과의 비교·분석

화재 시 발생하는 징후에 대한 인간의 반응 정도를 파악하기 위한 실험적 연구는 아직은 수면 중인 피험자에 대한 외부 자극에 의한 반응도 실험 등 제한된

범위에서 실험을 시행하고 있는 초보적 단계이다.

Lynch⁷⁾에 의한 연기냄새 반응도 실험에서 수면 중인 피험자에게 대략 1분에 1 PPM과 10분에 6 PPM 정도의 연기 자극을 주었을 때 피험자 중 남성의 29%, 여성의 80%가 연기 자극에 의해서 잠에서 깨어나는 것으로 나타났다. 따라서 수면 중 연기냄새에 의한 자극에 반응하여 잠에서 깨어날 수 있는 확률은 작으며, 남성보다는 여성이 연기냄새에 민감한 것으로 판단된다. Wood⁸⁾의 화재사례를 통한 성별에 관한 연구에서도 여성이 남성보다 연기 자극에 민감하다는 결과를 제시하고 있어 실험 결과에 신뢰도가 있는 것으로 판단된다.

Bruck과 Brennan⁹⁾는 화재 시 화염에 의해 발생하는 빛과 유사한 빛과 청각적 징후를 이용하여 수면 상태에서 반응도에 관한 실험을 하였다. 일반적인 청각능력과 수면패턴을 가진 25세에서 55세 연령대의 피험자 33명을 대상으로 실험에서 91%의 피험자가 가연물 연소시 발생하는 ‘우지직우지직’하는 파열음에, 83%의 피험자가 신발을 질질 끄는 소리에 잠에서 깨어났다. 소리의 크기는 베개에서 42~48 db의 범위에 있었으며, 징후에 반응한 83%가 30초 이내에 잠에서 깨어났다. 또한 1~5 lux 범위의 조도에서 빛에 대한 반응도 실험에서는 피험자의 49%가 빛에 의한 징후에 반응하여 잠에서 깨어났으며, 그들 중 50%가 30초 이내에 잠에서 깨어났다.

상기의 실험 결과를 종합하면 수면 중에 있는 사람은 청각적 자극에 의해 잠에서 깨어날 확률이 가장 높으며, 그 다음으로 빛에 의한 시각적 자극, 연기에 의

한 후각적 자극 순으로 높은 것으로 판단된다.

4. 화재인지 후의 행동 분석

화재인지 후의 행동은 피난준비행동이라고도 하며, 화재를 인지한 직후부터 피난을 개시하기 전까지의 단계를 의미한다. 이 단계의 시간은 인지와 동시에 피난이 이루어지는 경우 제로(Zero)가 되지만, 대부분의 피난자는 화재인지 후에 바로 피난을 개시하는 경우보다는 어느 정도 준비시간을 가지려고 한다.

1984년 2월 일본 오사카 제일빌딩 화재 시 재실자의 화재인지 직후의 행동을 Table 3과 같이 책임행동, 즉

Table 3. Classification of behaviors Taken after Fire Recognition

분류	내용	응답수 (인)
책임 행동	<ul style="list-style-type: none"> • 다른사람에게 통보 또는 피난유도를 함 • 소방서에 신고함. • 발생장소 조사 또는 소화기를 가지러 감. • 가스밸브를 잠그거나 전원스위치를 껐음. 	215
즉시 피난	<ul style="list-style-type: none"> • 인지 후 곧바로 피난함. 	61
지각 피난	<ul style="list-style-type: none"> • 중요한 물건을 가지고 나오려고 함. 	316
지시 대기	<ul style="list-style-type: none"> • 주변 사람에게 같이 대피하자고 유인함. • 대피할까 말까 망설였음. • 상사 등의 지시를 기다렸음. 	112

Table 4. Order of behaviors Taken Right after Recognizing Fire by Wood

행동 1	%	행동 1, 2의 결합	%	행동1, 2, 3 결합	%
화재진압행동	14.9	화재진압행동	16.6	무활동(구경등)	20.1
화재조사	12.8	소방서 통보	10.6	화재진압행동	15.2
소방서 통보	10.1	방어 행동	9.0	소방서 통보	9.9
방어행동	10.1	무활동	8.5	건물을 피난	8.4
주위에 알림	8.1	건물을 피난	8.4	방어 행동	7.7
건물을 피난	8.0	화재 조사	7.2	화재 조사	5.0
화재지역으로 이동	5.6	주위에 알림	5.8	주위에 알림	4.3
가족과 함께 대피	5.4	가족과 함께 대피	4.5	화재지역으로 이동	3.3
관리사무소에 연락	2.8	화재지역으로 이동	4.4	가족과 함께 대피	3.2
화재경보기 누름	2.7	관리사무소에 연락	3.1	관리사무소에 연락	2.8
주위 도움을 청함	2.2	주위 도움을 청함	2.3	주위 도움을 청함	2.0
옷을 입음	2.2	다른 사람을 도움	2.2	다른 사람을 도움	2.0

Table 5. Order of behaviors Taken Right after Recognizing Fire by Bryan

행동 1	%	행동 1, 2의 결합	%	행동 1, 2, 3 결합	%
주위에 알림	15.0	주위에 알림	12.0	건물을 피난	21.4
화재 조사	10.1	건물을 피난	14.2	화재진압행동	12.7
소방서 통보	9.0	소방서 통보	11.7	소방서 통보	12.1
옷을 입음	8.1	화재진압행동	11.6	주위에 알림	10.1
화재진압행동	10.4	가족을 챙김	6.7	가족을 챙김	4.9
건물을 피난	7.6	화재 조사	6.2	화재 조사	4.4
가족을 챙김	7.6	관리사무소로 연락	3.1	관리사무소로 연락	3.4
다른 장소로 이동	4.3	귀중품 챙김	2.9	옷을 입음	3.4
잠에서 깨어남	3.1	방어 행동	2.7	다른 장소로 이동	2.7
방어 행동	3.6	경보기 누름	2.4	방어 행동	2.3
무행동	2.7	피난출구로 이동	2.0	귀중품을 챙김	2.2
경보기 누름	2.5	화재지역으로 이동	1.5	경보기 누름	2.1

시피난, 지각피난, 지시대기 등 4가지로 분류하여 조사하였다.¹⁰⁾ 즉시 피난한 사람은 전체 응답자 중 8.7%인 61명에 불과하고, 중요한 물건을 챙긴 후 피난하는 지각피난과 화재를 제어하고 다른 사람에게 알리는 책임 행동을 전개하는 사람이 75.4%로 가장 높은 비율을 나타냈다. 또한 피난을 개시하게 된 결정적인 이유는 피난방송이 있었기 때문이라고 응답한 사람이 전체의 40% 정도로 가장 많은 분포를 보였다.

Wood¹¹⁾와 Bryan¹²⁾에 의한 조사에서도 화재인지 후 첫 번째 행동으로 피난을 개시한 사람은 각각 8.0%와 7.6%로 오사카 제일빌딩 화재의 8.7%와 비슷한 분포를 보인다. Wood와 Bryan은 화재의 인지 직후 전개되

는 행동의 순서를 Table 4와 Table 5와 같이 1, 2, 3단계로 구분하여 분석하였다.

Wood의 조사에서는 화재진압과 조사, 소방서에 통보 등의 순서로 행동의 우선 순위가 높은 것으로 분석하였으며, Bryan의 연구에서는 주위에 알림, 화재조사, 소방서에 통보 등의 순서로 행동의 우선 순위가 높은 것으로 분석하였다.

두 연구에서 약간의 차이는 있지만 오사카 제일빌딩 화재에서처럼 화재를 제어하고, 정보를 얻고, 다른 사람에게 통보하는 책임행동을 가장 먼저 전개하는 것으로 판단할 수 있다. 그러나 행동 우선 순위 1, 2, 3이 결합될수록 피난을 개시하는 사람의 비율이 높아지게

Table 6. Egress Preparatory behaviors by Employees During Fire at Baekbin Hot-spring Hotel

화재인지 후 행동	인원	행동 1	행동 2	행동 3	행동 4	행동 5
즉시 피난함	32(15/17)	5(0/5)	4(3/1)	11(4/7)	10(6/4)	2(2/0)
피난유도를 함.	22(11/11)	3(1/2)	11(6/5)	6(2/4)	2(2/0)	-
화재발생장소 등의 정보 수집	14(8/6)	11(7/4)	2(0/2)	1(1/0)	-	-
다른 사람에게 화재 발생을 알림	13(5/8)	8(2/6)	5(3/2)	-	-	-
소화활동을 함	5(5/0)	-	2(2/0)	3(3/0)		
하던 일을 계속함.	2(2/0)	2(2/0)	-	-	-	-
우왕좌왕 함	2(2/0)	1(1/0)	-	1(1/0)	-	-
옷을 입는 등 신변정리를 함	2(1/1)	-	2(1/1)	-	-	-
기타	2(1/1)	1(1/0)	1(0/1)			
화재경보기 누름	1(1/0)	-	-	1(1/0)	-	-

※ () 은 남성/여성을 나타냄.

된다.

호텔 등 숙박용도 화재 시 직원의 화재인지 직후의 행동은 숙박객 등 불특정인과는 다른 형태를 보인다. Table 6의 일본 白浜温泉호텔 화재¹³⁾에서 호텔 직원이 화재인지 후 최초로 전개한 행동은 화재 발생장소 등의 조사 행동이 가장 많았고, 그 다음으로 화재발생 사실을 전달하기 위한 전달행동, 피난유도, 피난이라고 하는 순서로 행동을 전개한 비율이 높았다. 따라서 화재의 조사, 전달, 피난유도 등의 행동은 직원으로서 역할과 훈련에 따른 책임행동이라고 할 수 있으며, 각자의 역할과 책임에 따라 직원들의 행동이 결정된다.

호텔 등 불특정인 다수가 재실하는 다중이용건축물 화재 시 모든 직원들이 이러한 책임행동을 전개하는 것은 아니다. 白浜温泉호텔의 경우 직원들이 역할과 훈련에 따른 신속한 책임행동을 전개하여 호텔은 12시간 동안 연소되었지만, 인명피해는 한명도 발생하지 않았다. 또한 여성 직원의 행동으로 한정하여 살펴보면, 화재인지 후 「피난했다」, 「다른 사람에게 화재가 발생한 것을 알렸다」 등 화재에 대한 제어 및 정보 수집을 위해서 남성 직원보다는 소극적인 행동을 취한 비율이 높은 것으로 판단된다.

초고층 건축물 화재 시에는 화재가 발생한 것을 인지하여도 자발적으로 피난을 개시하지 않는 재실자 비율이 상당히 높다. 이것은 앞서의 피난준비행동 중 즉시 피난을 개시하지 않는 것과 또 다른 행동으로 피난을 개시하지 않고 지시를 대기하고 있는 행동으로 이해하는 것이 타당할 것이다.

일본 오사카 제일빌딩 화재 시 재실자들이 취한 지시대기 행동이 이러한 행동으로 이해될 수 있다. 1993년 2월 미국 뉴욕 World Trade Center 폭발 화재는 지하 2층에서 발생하여 6명이 사망하고, 1,042명이 부상하였으며, 강한 불길로 complex 내 7개 건물의 상층부로 연기가 빠르게 전파되어 20,000여명이 피난하였다. 이 화재에서도 재실자 중 많은 비율이 이러한 행동을 보여 주었다. 건물 내 재실자 중 화재 징후를 인지한 후 57.5%가 자발적으로 피난을 개시하였고, 9.2%는 피난을 시도하였고, 33.2%는 자발적으로 피난을 개시하지 않았다. Table 7은 자발적으로 피난을 개시하지 않았다고 응답한 재실자에 대한 앙케트 조사결과이다.¹⁴⁾

가장 많은 비율은 다른 정보나 지시를 기다렸다는 응답으로 초고층 건축물의 경우 화재의 상황이나 발생 지점을 파악하기 어렵기 때문이며, 오피스빌딩 같은 경우 직장 내 상사의 피난을 개시하라는 지시를 기다리는 경우가 많은 것으로 다른 화재사례에서도 나타나고 있다.

Table 7. Reasons of Not Starting Egression Themselves During Fire at World Trade Center

이유	Tower 1	Tower 2
다른 정보나 지시를 기다렸다.	26	22
다른 사람에게서 기다리라고 들었거나, 기다리는 것이 좋다고 판단했다.	12	16
화재 등 이상상황을 알지 못했다.	6	10
다른 사람들의 피난을 도왔다.	9	5
건강상 문제가 있었다.	3	3
주변이 연기로 가득 차 있었다	1	5
보다 나은 상황을 기다렸다.	1	3
소방대가 도착하기를 기다렸다.	0	1
합계	58	65

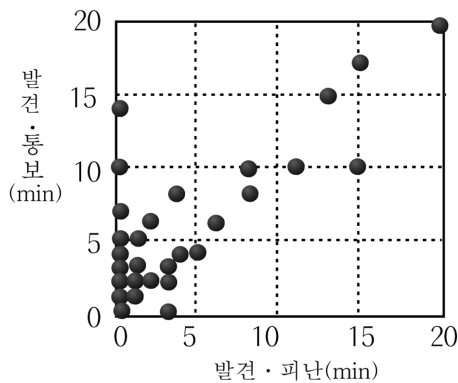
대구지하철화재 생존자 행동패턴에 대한 조사¹⁵⁾에서도 화재임을 본인이 지각한 후 ‘기다렸다’와 ‘외부와 연락하였다’가 약 68%로 가장 많은 비율을 차지하였고, 즉각적인 피난행동을 취한 피난자는 30% 미만이었다.

상기의 분석결과, 피난준비행동은 건물 용도별로 약간씩은 다르지만, 일반적으로 재실자는 화재를 인지한 후에도 즉시 피난하는 경우는 극소수이며, 대부분의 재실자가 화재의 소화, 조사, 소방서나 다른 사람에게 알리는 등 책임행동을 취하는 비율이 높은 것으로 판단된다. 특히 화재를 조기에 발견한 경우에 이러한 행동을 취하는 비율이 더 높아진다.

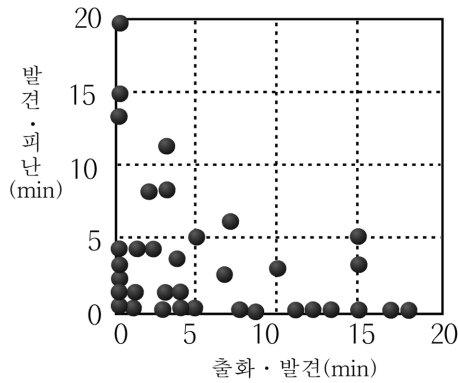
5. 피난개시까지 경과시간의 분석

화재발생에서 피난개시까지 경과시간을 화재 시 여러 변수를 고려하여 정확히 예측하는 것은 모든 재실자의 특성을 파악하는 것과 마찬가지로 어려운 문제이다. 일반적으로 화재인지까지 경과시간과 인지에서 피난을 개시하기까지 경과시간의 관계는 인지가 늦어지면 화재가 확대되어 피난을 개시하는 시간이 빨라지는 경향이 강하다. 그러나 반대로 조기에 인지가 되면 피난을 개시하기까지 시간적으로 호트러짐 현상이 두드러진다.

Figure 5는 일본 동경소방청의 특이화재사례¹⁶⁾를 분석한 결과로서 방재센터 직원 등에 의한 소방서에 통보시간을 피난을 개시한 시간으로 추정하였으며, 화재발생에서 피난을 개시까지 경과시간은 건물 용도에 따라 호텔은 약 10분, 병원은 약 8분, 복합용도는 약 7분으로 분석되었다. (a)를 보면 발견·통보시간이 늦을



(a) 발견·피난과 발견·통보까지 시간



(b) 출화·발견과 발견·피난까지 시간

Figure 5. Analysis results of special fire cases from Tokyo fire department, Japan.

수록 발견·피난시간이 늦어지는 경향이 나타난다. 또한 (b)를 보면 출화·발견시간이 빠르면 발견·피난시간은 늦어지고, 출화·발견시간이 늦어지면 발견·피난시간이 빨라지는 경향이 강하게 나타난다.

영국 내 화재사례 분석을 통해 **British Standards**에서는 재실자 유형 및 화재징후별로 화재징후를 최초로 인지한 때부터 피난을 개시하기까지 경과시간을 Table 8과 같이 제시하였다.¹⁷⁾ 여기서는 화재발생에서 화재징후의 인지까지 경과시간은 포함되지 않는다.

다른 화재사례와 마찬가지로 경보벨·사이렌에 의한 시스템 징후가 다른 사람에게 의한 통보, 음성 경보보다 피난개시까지 경과시간이 길게 분포한다. 이것은 화재 징후의 인지까지 경과시간과 관련되는 것이며, 경보벨·사이렌은 화재 징후를 조기에 인지하게 되는 경우가 많고, 다른 사람에게 의한 통보, 음성경보 등은 화재 징후의 인지가 상당히 늦었다는 것으로 해석할 수 있다.

한국화재소방학회 논문지, 제26권 제2호, 2012년

Table 8. Time to Start Egress for Each Type of Occupants and Fire Signs: BS DD 240

재실자 유형	화재징후의 인지에서 피난개시까지 경과시간(분)		
	다른 사람에게 의한 통보	음성 경보	경보벨 또는 사이렌
오피스, 공장 등(재실자가 비수면 중이고, 건물 내부에 익숙함)	<1	3	>4
판매시설, 집회시설 등(재실자가 비수면 중이고, 건물내부에 익숙하지 않음)	<2	3	>6

다중이용건축물에서는 건물 내부에 익숙하지 않은 불특정인과 익숙한 특정인 사이에 피난을 개시하기까지의 경과시간이 다를 뿐만 아니라, 직원 중에서도 역할과 행동에 따라 큰 차이가 발생하게 된다. 일본 白浜温泉호텔 화재 시 숙박객에 대한 피난유도를 행한 직원은 화재인지 후부터 피난유도를 개시하기까지 약 2분, 피난유도 개시 후부터 본인이 피난을 개시하기까지 약 10분이 소요되었다. 한편 피난유도를 행하지 않은 직원의 화재인지부터 피난개시까지의 평균 시간은 약 7분이었다. 따라서 화재발생에서 피난을 개시하기까지 피난유도를 행한 경우는 22분, 행하지 않은 경우는 평균 17분이 소요되었다.¹⁸⁾

Table 9는 주요 화재사례 및 피난훈련을 분석한 연구에서 화재발생에서 피난을 개시하기까지 경과시간을 건물용도별로 도출하여 정리한 것이다.¹⁹⁾ 화재 시 생존자에 대한 앙케트 조사는 피난훈련을 촬영한 영상을 분석한 데이터보다는 정확하지는 않지만 실제 화재사례에서 도출된 결과라는데 의미가 있다. 또한 피난훈련은 실제 화재와 똑같은 상황을 재현할 수 없고, 훈련에 참여하는 피험자의 참여도에 따라 결과가 크게 달라지는 문제가 있다.

Table 9에서 나타난 바와 같이 초고층, 대규모 건축물일수록, 자동화재경보기가 미작동하거나 성능이 떨어질수록 피난을 개시하기까지 경과시간이 길어지는 경향이 있다. 1993년 World Trade Center 폭발화재의 경우 같은 건물에서도 화재가 발생한 지점과 위치 관계에 따라 경과시간의 편차가 크게 발생하고 있다. 또한 호텔과 아파트 같은 용도는 화재 시 재실자가 취침 상태에 있는 경우가 있기 때문에 건물의 규모에 상관없이 경과시간의 편차가 크게 발생하는 것으로 조사되었다.

Table 9. The Time to Start Egress from Ignition through Fire Cases and Evacuation Training (Unit: minute)

구분 건물	N	Min	1st Q	Median	3rd Q	Max	Mean	비고
고층 호텔	536	0	3.3	60.0	130.9	290	-	MGM Grand Hotel 화재, 화재경보 미작동(J.L. Bryan, 1983)
고층 호텔	47	0	2.0	5.0	17.5	120	-	Westchase Hilton Hotel 화재, 초기 화재경보 미작동(J.L. Bryan, 1983)
고층 오피스 건물	85	0	2.0	5.0	10.0	245	11.3	World Trade Center 폭발화재, 화재경보 미작동 (폭발에서 가까운 건물), (R. Fahy, G. Proulx, 1994)
고층 오피스 건물	46	0	4.5	10.0	31.5	185	28.4	World Trade Center 폭발화재, 화재경보 미작동 (폭발에서 먼 건물)(R. Fahy, G. Proulx, 1994)
3층 백화점	122	0.05	-	-	-	1.6	0.6	피난훈련, 대상자는 훈련된 직원(T.J. Shields, K.E. Boyce, 2000)
1층 백화점	122	0.07	-	-	-	1.7	0.5	피난훈련, 대상자는 훈련된 직원(T.J. Shields, K.E. Boyce, 2000)
고층 아파트	33	0.3	0.8	1.3	4.4	10.2	2.8	피난훈련, 화재경보 정상 작동(G. Proulx, J.C. Latour, 1995)
고층 아파트	93	0.4	1.5	3.6	6.9	18.6	5.3	피난훈련, 화재경보 정상 작동, 훈련동안 폭설, (G. Proulx, Latour, 1995)
고층 아파트	27	1.0	2.0	8.0	14.0	>20	-	새벽 화재, 화재경보 작동, 재실자 중 절반 이하 만 피난함(P. Brennan, 1997)
중층 아파트	77	>0.3	1.9	7.7	19.1	>24	9.7	피난훈련, 화재경보기는 작동하였으나 성능이 떨어져짐(G. Proulx, J.C. Latour, 1995)
중층 아파트	80	>0.3	1.2	2.5	3.7	>12	3.1	피난훈련, 화재경보 정상 작동(G. Proulx, J.C. Latour, 1995)

※ N = 조사인원, Min = 최소, 1st Q = 1/4, Median = 2/4, 3rd Q = 3/4, Max = 최대, Mean = 평균.

6. 결 론

본 연구에서는 화재 징후의 인지에서 피난을 완료하기까지 전체 피난행동단계에서 화재징후를 인지하고 피난을 개시하기까지의 과정에 영향을 미치는 요소 중 예측 가능한 요소를 일본사례를 중심으로 분석하였다. 주요 결과는 아래와 같다.

첫째, 화재 징후의 인지를 공간적 측면에서 살펴보면, 화재 발생지점에 가까운 위치에 있는 재실자는 화재 징후를 인지한 후 그것을 화재라고 인지하기까지 경과시간은 길지 않게 된다. 그러나 화재가 발생한 지점과 다른 층에 있는 등 공간적으로 격리되는 경우에는 다른 사람에 의한 통보, 소음, 사이렌 등 2차적 징후에 의해 화재를 인지하게 되며, 그 시간에는 상당한 차이가 발생하게 된다.

둘째, 화재 징후 측면에서 살펴보면, 연기의 냄새를 맡거나, 경보벨을 들은 재실자는 그것을 단지 화재의 징후로만 받아들이려고 하는 경향이 강하다. 따라서 재

실자는 후각 및 청각적 징후는 그것을 화재라고까지는 바로 인지하지 않으며, 시각적 징후 또는 피난방송, 다른 사람에 의한 통보 등에 의해 비로소 화재라고 인지하게 된다.

셋째, 일반적으로 화재를 인지한 후에 즉시 피난하는 재실자는 10%도 되지 않으며, 건물 용도별로 차이가 발생한다. 대부분이 재실자가 화재인지 후 화재의 소화, 조사, 소방서나 다른 사람에게 알리는 등 책임행동을 취하는 비율이 높고, 특히 화재를 조기에 발견한 경우에 이러한 행동을 취하는 비율이 더 높아진다.

넷째, 피난개시까지 경과시간은 건물의 규모가 클수록 재실자별 경과시간의 편차가 크고, 호텔과 같은 숙박용도는 화재 시 재실자가 취침상태에 있는 경우 건물의 규모에 상관없이 경과시간의 편차가 크게 발생하게 된다. 따라서 피난을 개시하기까지의 경과시간은 건물의 용도 및 규모, 재실자의 상태, 화재발생 지점과의 위치관계 등에 의해 결정된다.

참고문헌

1. 室崎益輝 他, “火災覺知過程および避難開始時間に関する研究(その1)”, 日本建築學會 5362, p.13(1986).
2. 中出 聰 他, “火災覺知過程および避難開始時間に関する研究(その3)”, 日本建築學會 5310, pp.15-18(1980).
3. 北後明彦, “建築物における火災時の避難行動特性に関する研究”, 神戸大學大学院自然科学研究科 博士論文, 神戸, p.31(1985).
4. 大官 喜文, 水野 雅之, “白浜温泉火災における従業員の行動”, 日本建築學會 建築計劃委員會 安全計劃小委員會, 日本火災學會 學術委員會 避難行動專門委員會, 東京, p.34(2002).
5. P.G. Wood, “The Behaviour of People in Fires”, UK Fire Research Note 953. London, p.38(1972).
6. J.L. Bryan, “Smoke as a Determinant of Human Behavior Injure”, NBS-SCR-77-94, University of Maryland, Washington, p.238(1977).
7. J. Lynch, “Nocturnal Olfactory Response to Smoke Odor”, Human Behaviour in Fire, Proceedings of the First International Symposium, University of Ulster, Belfast, UK, p.215(1998).
8. P.G. Wood, “A Survey of behaviour in Fires”, In D. Canter (Ed.), Fires and Human Behaviour, Chichester, p.25(1980).
9. D. Bruck and P. Brennan, “Recognition of Fire Cues During Sleep”, Human Behaviour in Fire, Proceedings of the Second International Symposium, Interscience Communications, London, p.342(2001).
10. 山田常圭, 神忠久, “大規模複合用途建物火災における在館者の避難調査”, 消防輯報 第38号, p.17(1984).
11. P.G. Wood, “The Behaviour of People in Fires”, UK Fire Research Note 953. London, p.43(1972).
12. J.L. Bryan, “Smoke as a Determinant of Human behavior Injure”, NBS-SCR-77-94, University of Maryland, Washington, p.259(1977).
13. 大官 喜文, 水野 雅之, “白浜温泉火災における従業員の行動”, 日本建築學會 建築計劃委員會 安全計劃小委員會, 日本火災學會 學術委員會 避難行動專門委員會, 東京, p.36(2002).
14. Rita F. Fahy and Guylene Proulx, “A Study of Human Behavior During the World Trade Center Evacuation”, NFPA Journal, p.61(1995).
15. 진규업, 박현우, 홍원화, “대구지하철화재 생존자 행동패턴과 피난로 설계시 적용방법 연구”, 한국화재소방학회 추계학술발표 논문집, pp.369-370(2003).
16. 中出 聰 他, “火災覺知過程および避難開始時間に関する研究(その2)”, 日本建築學會 5363, pp.29-30(1986).
17. British Standards, “BS DD 240 Fire Safety Engineering in Building”, London, p.126(1997).
18. 大官 喜文, 水野 雅之, “白浜温泉火災における従業員の行動”, 日本建築學會 建築計劃委員會 安全計劃小委員會, 日本火災學會 學術委員會 避難行動專門委員會, 東京, p.37(2002).
19. Rita F. Guylene Proulx, Toward Creating a Database on Delay Times to Start Evacuation and Walking Speeds for Use in Evacuation Modeling, Human Behaviour in Fire, 2nd International Symposium, Boston, USA, pp.180-181(2001).