

# 방탈출카페의 성능위주설계에 의한 피난안전성 확대 방안

이 홍 상\* · 이 재 영\*\* · 공 하 성\*\*\*

\*우석대학교 일반대학원 소방·안전공학과 박사과정

\*\*건양사이버대학교 재난안전소방학과 교수

\*\*\*우석대학교 소방방재학과 교수

## Measures to Increase Evacuation Safety through Performance-Based Design of Escape Room Cafes

Hong - Sang Lee\* · Jai Young Lee\*\* · Ha-Sung Kong\*\*\*

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

\*\*Professor, Dept. of Disaster Safety & Firefighting, Konyang Cyber University

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

### Abstract

The purpose of this study is to propose measures to increase evacuation safety by calculating the habitable time using a fire and evacuation simulation program for the Room-escape cafe currently in operation, and comparing and analyzing it with the evacuation required time. Assuming a fire due to overheating of electric heaters in use in front of the warehouse, the habitable time was calculated through fire simulation, and the occupant's evacuation time calculated through evacuation simulation according installation of safety facilities, etc. was compared and analyzed with the habitable time. In the case of escape room cafes with safety facilities installed, evacuation safety was satisfied, but in escape room cafes without safety facilities, the evacuation safety was not secure. As a result of analyzing evacuation safety for each scenario based on the ASET analyzed in the fire simulation, it was found that in scenario 1, evacuation safety was secured and everyone successfully evacuated, while in scenario 2, no one succeeded in evacuation. These results can be said to confirm that the installation of safety facilities is very important in business establishments such as escape room cafes, which become enclosed structures when games are started.

**Keywords :** Room-escape cafe, Installation of safety facilities etc., Evacuation Safety, Pathfinder, Pyrosim

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 필요성

방탈출카페업은 「다중이용업소의 안전관리에 관한 특별법 시행규칙」 제2조(다중이용업) 4호에 제한된 시간 내에 방을 탈출하는 놀이 형태의 영업으로 정의하고 있다 [1]. 통상적으로 1시간의 제한시간이 주어지고, 방 내부에 있는 힌트를 이용하여 문제를 해결해 잠겨있는 문을 열어 주어진 시간 이내에 방을 탈출하는 놀이이다. 방탈출

게임의 특성상 각 방의 출입구는 게임의 시작과 동시에 폐쇄되며, 게임을 포기하여 종사자가 문을 열어주거나 사용자가 문제를 해결하여 직접 탈출하기 전까지 밀폐구조로 변한다고 할 수 있다. 이러한 밀폐구조는 만약 내부에서 화재가 발생할 경우 많은 피해로 이어질 것이다. 문제를 푸는 것에 힌트를 준다는 점 때문에 안전시설 등의 설치가 미흡한 점 역시 위험성을 증가시킨다고 할 수 있다.

「다중이용업소의 안전관리에 관한 특별법 시행규칙」의 개정에 따라 2022년 6월 8일부터 방탈출카페업, 키즈카페업, 만화카페업이 다중이용업의 신규대상으로 추가되었다. 관련 법령의 개정 이후 신규 또는 영업주가 변경되는

방탈출카페의 경우 「다중이용업소의 안전관리에 관한 특별법」에 따라 안전시설 등의 설치·유지 및 안전관리가 되지만 기존 영업장은 안전관리가 미흡한 실정이다.

안전시설 등이란 소방시설, 비상구, 영업장 내부 피난통로, 그 밖의 안전시설을 말하는데 다중이용업소는 「다중이용업소의 안전관리에 관한 특별법 시행규칙」 [별표 2] 안전시설등의 설치·유지 기준에 따라 소화설비, 비상벨 또는 자동화재탐지설비, 피난설비 등 소방시설과 비상구 등을 설치하여야 한다. 하지만 법령 개정 전부터 영업을 지속해온 기존 영업장의 경우 개정 법령의 소급적용이 되지 않기 때문에 안전시설등이 설치되지 않은 채 영업을 지속하고 있는 실정이다. 특히 화재 등 재난 발생 시 재실자에게 피난의 방향을 알려주는 피난구유도등, 길을 밝힐 수 있는 휴대용 비상조명등, 피난의 동선을 단축시켜 줄 수 있는 비상구 등이 미설치되어 피난에 많은 어려움이 발생할 것으로 예상된다.

## 1.2 선행연구의 고찰

김정수(2019)는 방탈출카페 연구 대상으로 설정하여 자동화재탐지설비와 비상구의 설치 유무 및 불연재료의 설치여부 및 설치면적에 따라 화재·피난시물레이션을 실시하여 소요피난안전시간과 허용피난시간의 변화를 실험하였다. 실험 결과를 토대로 방탈출카페의 피난안전성 확보를 위해 사용자에게 화재 사실을 신속하게 알리기 위한 자동화재탐지설비의 설치, 피난시간 단축을 위해 비상구의 설치, 연소확대의 위험성을 감소시키기 위해 불연재료의 사용을 제안하였다.[2]

김태권(2014)등은 CFAST 소프트웨어를 활용하여 노래방 화재위험성 측정을 위한 해석을 수행하였다. 실제 화재의 실험결과와 CFAST의 해석 결과를 비교 분석하여 실제화재 대비 CFAST의 정확성을 검증하는 연구를 하였다. 연구 결과 폐쇄된 공간인 노래방에서는 유독가스에 의한 질식이 화염보다 더 위험한 존재가 될 수 있다는 사실을 확인하였다.[3]

하지수(2010) 등은 CFAST 프로그램을 이용하여 다중이용업소의 화재사고 특성을 분석하였다. 노래방 사건 중 주요 화재사례로 선정한 부산 영도구 노래방과 용인 노래방 사례의 분석을 실시한 후 CFAST 프로그램을 활용한 가상 화재와 실제 화재사건을 비교분석하였다.[4]

오륜석 등은 대규모 인원이 밀집하는 클럽에서의 화재 발생 시 인명피해를 최소화하기 위하여 Pathfinder를 활용하여 피난통로의 출구 개수와 적정 크기에 대한 연구를 실시하였다.[5]

## 1.3 선행연구와의 차별성

다중이용업소의 피난안전성을 분석한 선행연구의 경우 해당업종에 대한 화재안전 문제점을 분석 후 안전관리 방안을 제시하거나 안전관리실태 현장 조사 및 이용자에 대한 현황조사를 실시한 후 안전관리 문제점 및 강화방안을 도출하는 연구가 주를 이루었다. 이 연구는 밀폐된 공간이라는 안전에 치명적 문제점을 가지고 있음에도 불구하고 문제를 푸는 것에 힌트를 준다는 점 때문에 안전시설 등의 설치가 미흡한 방탈출카페에서 화재가 발생한 상황을 설정하여 화재·피난시물레이션을 실시하고, 안전시설등의 설치유무에 따른 피난시간의 변화를 측정하여 ASET과의 비교분석을 통한 피난안전성을 평가하는 연구를 실시한다는 점에서 의의가 있다.

## 1.4 연구의 목적

이 연구는 00지역에 위치한 방탈출카페를 대상으로 선정하여 모델링을 실시한 후 안전시설등 설치유무에 따른 피난시물레이션 시나리오를 설정한 후 화재시물레이션 프로그램인 Pyrosim을 활용하여 ASET을 산정하고, 피난시물레이션 프로그램인 Pathfinder를 활용하여 RSET을 산정하고자 한다. 방탈출카페에서 화재가 발생할 경우 재실자들의 피난 가능여부에 대한 비교·분석을 실시하여 안전시설등의 설치유무에 따른 피난안전성 확보 방안을 제시하고자 한다.

## 2. 본론

### 2.1 피난안전성 분석을 위한 이론적 고찰

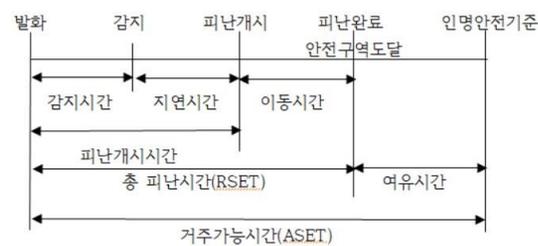
소방시설 성능위주의 설계대상 건축물은 소방시설 등의 성능위주 설계 방법 및 기준(이하 “성능위주설계 방법”이라 한다.)에서 규정하고 있는 화재피난시물레이션 시나리오 작성 기준을 준용하여 화재시물레이션 분석을 통한 ASET, 피난시물레이션 분석을 통한 RSET을 산정한 후 ASET이 RSET보다 큰 값이 나오도록 건축구조를 변경하거나 소방설비를 강화하고 있다. ASET은 화재 시물레이션을 통해 산소농도(O<sub>2</sub>), 열(온도), 호흡(호흡기계선), 독성(CO, CO<sub>2</sub>), 가시거리를 분석한 결과를 토대로 산정하며, RSET은 감지기가 감지하는 시간( $T_d$ ), 감지후 통보 시간( $T_a$ ), 재실자가 화재를 인지하는 시간( $T_r$ ), 화재상황 인지부터 피난개시까지 소요시간( $T$ ), 재실자가 피난을 시작하여 안전한 장소까지 도달하는데 소요되는 시간

( $T_e$ )의 합으로 구성되며 이를 계산식화하면 표 1과 같으며, 도식화한 내용은 그림 1과 같다.

<Table 1> Calculation Formula for RSET

$RSET = T_d + T_a + T_o + T_f + T_e$	
$T_d$ :	Time to detect fire since ignition[s]
$T_a$ :	Time when fire was notified[s]
$T_o$ :	Time to recognize the fire situation[s]
$T_f$ :	Time required from recognizing the fire to starting evacuation[s]
$T_e$ :	Time required from starting the evacuation to completing evacuation[s]

피난시간 개념도(Time Line)

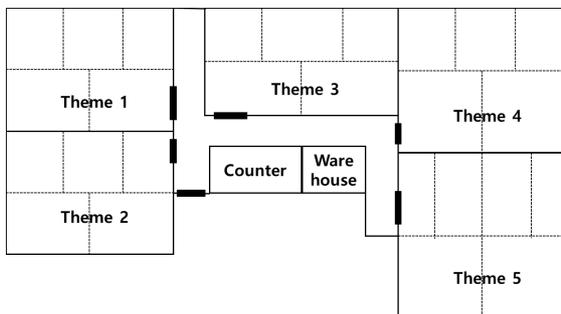


[Figure 1] Evacuation time concept diagram

## 2.2 시설개요

### 2.2.1 모델링 대상 시설 개요

시뮬레이션 대상으로 설정한 방탈출카페는 지하 1층, 지상 6층 규모의 건물 중 지상 4층에 위치하고 있으며 영업장 면적은 526.47 m<sup>2</sup>으로 방탈출 게임을 즐기기 위해 크게 5개의 테마로 이루어진 큰 방 안에 퀴즈를 풀 때마다 이동이 가능한 소형의 방이 테마별로 4~5개씩 분할되어 있는 구조이다. 방탈출 게임을 위해 손님이 입장하는 방 외에는 창고, 방탈출 게임 안내 및 요금 결제 등을 위한 카운터 등으로 구성되어 있다. 영업장 평면도는 그림 1과 같다.



[Figure 2] 00 Room-escape cafe Floor Plan

### 2.2.2 00 지역 방탈출카페 안전시설등 설치현황

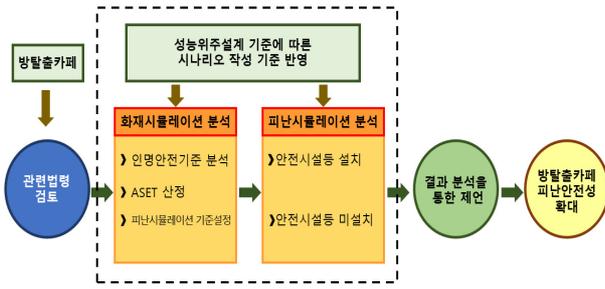
00지역 방탈출카페의 안전시설 등 설치현황은 표 2와 같다. 방탈출카페의 경우 안전시설등을 설치할 경우 손님의 방탈출게임 몰입을 위해 설치한 인테리어를 해친다는 점과 피난구 유도등을 설치할 경우 방탈출게임의 문제를 푸는 것에 힌트를 준다는 점 때문에 전부 안전시설등이 설치되지 않은 상태로 영업을 하고 있었다.

<Table 2> Installation status of safety facilities in an escape room cafe in 00 area

No	Cafe Name	Installation of safety facilities, etc.
1	○○ Escape Jeonju Branch	×
2	○○ Parker ET	×
3	○○ Escape Jeonju Branch	×
4	○○ Lim Escape room cafe	×
5	○○Turkey Jeongosa Branch	×
6	○○ Deu Escape room cafe	×
7	○○ Parker escape room	×
8	○○ Parker 2nd branch adventure	×
9	Flower garden of ○○ in Jeonju	×

## 2.3 연구모델

이 연구는 방탈출카페의 피난안전성 확대를 위해 성능 위주설계 기준에 따라 시나리오를 작성하여 화재·피난시뮬레이션 분석을 실시하였다. 먼저 방탈출카페와 관련한 관련법령을 검토한 후 성능위주 설계기준을 반영하여 화재시뮬레이션 분석을 실시하였고, 시뮬레이션 결과를 토대로 인명안전기준을 분석하여 산정한 ASET을 기준으로 피난시뮬레이션 기준을 설정하였다. 안전시설등 설치유무에 따른 피난시간의 변화를 분석하기 위해 안전시설등이 설치된 경우와 안전시설등이 설치되지 않은 상황을 가정하여 구성한 2가지의 시나리오로 피난시뮬레이션 실험을 실시하였다. 화재시뮬레이션을 통해 도출된 ASET을 근거로 현재 운영 중인 방탈출카페의 피난안전성 확보 여부를 판단한 후 시나리오별 소요시간 분석을 통해 방탈출카페의 피난안전성 확보방안을 도출하였다. 화재·피난 시뮬레이션 결과를 비교·분석하여 산후조리원의 피난안전성 증대방안을 제안하였다. 연구모델은 그림 2와 같다.



[Figure 3] Research Model

## 2.4 시나리오 구성

### 2.4.1 화재시뮬레이션

이 연구에서 실험에 사용한 화재시뮬레이션 프로그램은

미국 Thunderhead Engineering사에서 개발한 Pyrosim이다. 미국 표준기술연구소에서 개발한 FDS를 기반으로 제작된 Pyrosim 프로그램은 실물화재 시뮬레이션 구현이 가능하기 때문에 이 연구의 분석틀로 설정하였다. 이번 연구에서 사용한 Pyrosim의 버전은 Pyrosim 2022.3.1208이다. 화재상황은 주출입구 오른쪽에 위치한 창고 앞에서 사용 중인 전열기구의 과열로 주요 소재로 우레탄폼과 플라스틱 코팅천이 쓰인 포장재에 금속프레임으로 구성된 소파에서 화재가 시작한 것으로 설정하였다. 화재시뮬레이션 수행 조건은 표 3과 같다. 화재의 시작점으로 설정된 소파의 주요 재질은 폴리우레탄으로 최대열방출율은 270.4 kW/m<sup>2</sup>이며 연소가 된 이후 연소지속시간은 약 800초이다. 최대열방출율에 도달하는 시간은 260초이며, 최대열방출율 지속 시간은 200초이다. 열방출률 관련 자료는 표 4로 정리하였다.[6]

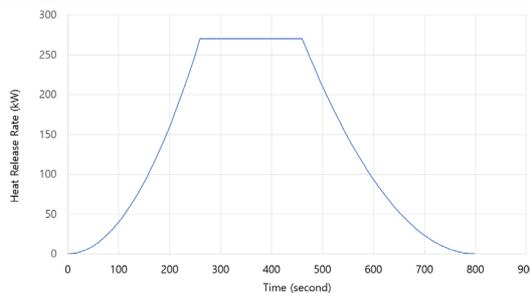
Pyrosim 프로그램은 Device를 설치하여 원하는 장소나 지점의 가시거리, 독성가스 및 방출열량의 측정이 가능

<Table 3> Conditions to perform fire simulation

Division	Contents
Overall size [m]	13.46 × 3.692 × 2.2
Cell size [m] / Number of mesh cells	0.333 × 0.3231 × 0.3308 / 210,125
Initial temperature before fire	20°C
Flammable substances	Sofa, metal frame, urethane foam, plastic coated cloth
Maximum heat release amount	270.4 kW/m <sup>2</sup>
Fraction of CO occuring	0.01 mol/mol
Fraction of smoke occuring	0.015 mol/mol
Detector	Smoke detector (Td)
Firefighting facilities	Facilities other than alarm do not work to assume the worst-case condition

<Table 4> Analysis of combustible' s heat release rate

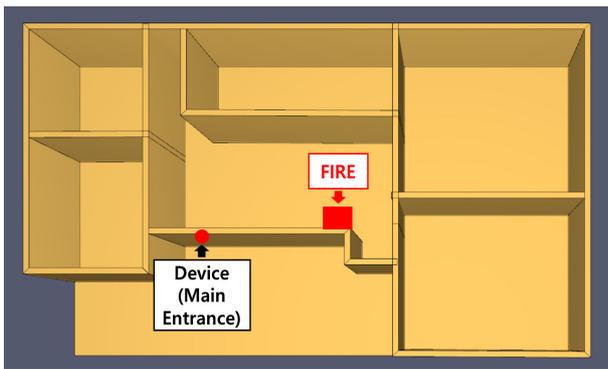
Division	Contents
Data name	Sofa 1 - FASTLite Data
Composition of combustible	Sofa, metal frame, urethane foam, plastic coated cloth
t <sub>0</sub> (Time of fire)	0 sec
t <sub>10</sub> (Time to reach maximum heat)	260 sec
t <sub>d</sub> (Time to maintain the maximum temperature)	460 sec
t <sub>end</sub> (Time when heat generation ends)	800 sec



하다. 이 연구에서는 성능위주설계방법에서 정하고 있는 기준 및 측정요소를 참조하여 Device를 설치하였으며 그 위치는 표 5 및 그림 3과 같다.

<Table 5> Device element and location

Division	Contents
Measurement factor	Toxic gas(CO <sub>2</sub> , CO), O <sub>2</sub> , Visible distance, Heat(temperature)
Place	4 places near the left, rear, right, and front entrances
Location	1 m point on the indoor side by direction, 1.8 m in height



[Figure 4] Fire Location and Device Location

성능위주설계기준에서 인명안전기준은 호흡한계선은 바닥으로부터 1.8 m 높이로, 가지거리는 기타시설인 근린 생활시설로 5m 이상, 열에 의한 영향은 60 °C 이하, 독성에 의한 영향으로는 O<sub>2</sub> 15% 이상, CO 농도 1,400 ppm 이하, CO<sub>2</sub> 농도 5% 이하로 규정하고 있다. 인명안전기준 측정을 위하여 화재는 영업장 휴게공간에서 발생한 것으로 설정하였으며 영업장 상부에 화재감지기를 설치하고 감지기 작동시간을 분석하였다. 인명안전기준을 정리한 결과는 표 6과 같다.

<Table 6> Life safety standard of performance – based design method

Division	Performance standard				
Respiratory limit line	At 1.8 m from the floor				
Heat effect	60°C or less				
Effect of line of sight	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Purpose</th> <th>Allowable line of sight limit</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Room-escape cafe</td> <td>5 m</td> </tr> </tbody> </table>	Purpose	Allowable line of sight limit	Room-escape cafe	5 m
	Purpose	Allowable line of sight limit			
Room-escape cafe	5 m				

Division	Performance standard	
Toxic Effects	Ingredient	Toxicity standard
	CO	1,400ppm
	O <sub>2</sub>	15% or more
	CO <sub>2</sub>	5% or less

## 2.4.2 피난시뮬레이션

### 2.4.2.1 피난시뮬레이션 프로그램

피난시뮬레이션은 화재시뮬레이션을 개발한 미국 Thunderhead Engineering사의 Pathfinder 프로그램을 이용하였다. 현재 국내에서는 Simulex와 Building□ Exodus 등 다양한 피난시뮬레이션 프로그램들이 사용되고 있지만 FDS를 기반으로 제작되었다는 점을 감안하여 Pathfinder 프로그램을 이용하였다. 이번 연구에서 사용한 Pathfinder의 버전은 Pathfinder 2022.3.1207 이다.

### 2.4.2.2 재실자의 배치

시뮬레이션 분석을 위한 재실자 배치는 방탈출카페의 경우 수용인원이 2인에서 6인인 점을 감안하여 5개의 테마로 이루어진 큰 방마다 6명의 손님이 재실하고, 카운터에 1명의 직원이 있는 것으로 설정하여 총 31명의 인원이 재실 중인 것으로 설정하였다. 방탈출카페의 경우 주요 사용연령이 20~30대인 것을 감안하여 30명의 손님중 남성과 여성이 각각 15명씩 재실하고, 1명의 직원은 30대로 설정하였다. 방탈출카페 연령 및 성별에 따른 재실자의 수는 표 7과 같다.

<Table 7> Number of occupants of escape room cafes by age and gender

Category	20s		30s		Total
	M	F	M	F	
Employee			1		1
Customer	8	7	7	8	30

### 2.4.2.3 재실자의 입력값

재실자의 신체적 특성을 연령, 키, 어깨가쪽사이길이, 보행속도로 구분하여 표 8과 같이 나타내었다. 연령 및 성별을 통해 국가기술표준원의 ‘한국인 인체치수조사’ 자료를 참고하여 작성하였다. 연령 및 성별의 특성을 고려한

재실자의 보행속도는 박세진 외 5인(2007)의 연구를 참고하였다. [7] 안전시설 등이 미설치된 방탈출카페의 경우 화재로 인해 정전이 되고, 재실자들이 내부구조를 잘 모르는 점을 감안하여 일본건축학회안전설계소위원회의 설계 지침에 의거 0.3m/s로 보행속도를 설정하였다.

<Table 8> Physical Characteristics of the Occupant

Division		Height (cm)	Shoulder width (cm)	Gait speed (m/s)
20' s	M	175.3	44.2	1.49
	F	162.4	39.7	1.35
30' s	M	175.8	44.4	1.49
	F	162.7	39.5	1.35

2.4.2.4 시나리오의 구성 및 피난개시시간의 설정

법령 개정 전부터 영업을 지속해 안전시설 등이 설치되지 않은 기존 방탈출카페의 피난 상황을 시뮬레이션하고, 법령 개정 후 신규로 영업을 개시하거나 영업주가 변경되어 안전시설 등을 설치한 방탈출카페의 피난소요시간을 비교 분석하기 위한 시나리오의 구성 결과는 표 9와 같다.

방탈출카페의 피난개시시간은 안전시설 등이 설치된 경우 소방시설이 작동을 한 경우라 하더라도 게임을 시작하게 되면 밀폐구조 되어버리는 방탈출 카페의 특성과 소방시설 작동 후 종업원이 문을 열어주는 시간 등을 고려하여 30초 이후 피난을 실시하는 것으로 설정하였고, 안전시설 등이 미설치된 경우 테마 안에서 분할 된 방안에 있는 손님들에게 화재 사실을 알리는데 장시간이 소요될 점을 감안하여 120초 이후로 설정하였다.

<Table 9> Configuration of the Scenario and Evacuation start time

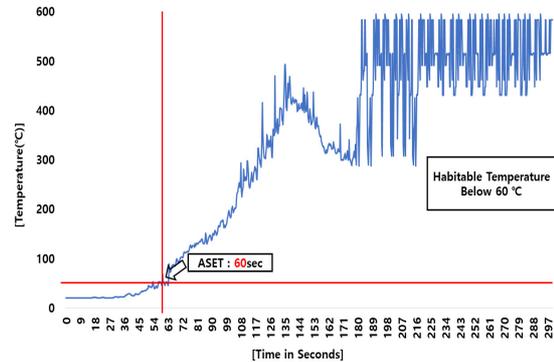
No	Scenario	Evacuation start time
1	Simulation of an Room-escape cafe with safety facilities installed	30sec
2	Simulation of an Room-escape cafe without safety facilities	120sec

3. 결과 및 분석

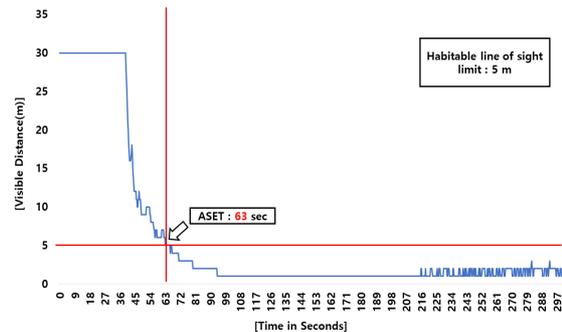
3.1 화재시뮬레이션

실험 대상으로 선정된 방탈출카페에서 화재시 300초까지 화재시뮬레이션 결과를 통하여 Device 1개소의 열(온도),

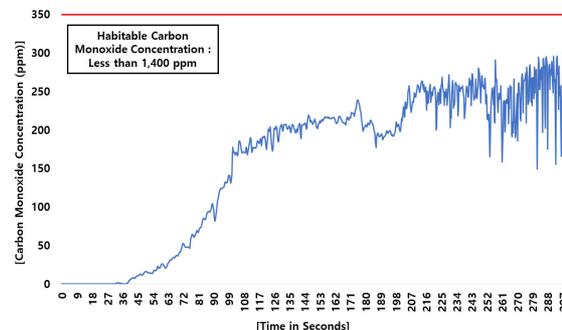
가시거리, 독성가스(CO, CO<sub>2</sub>), O<sub>2</sub> 측정 결과를 분석한 내용은 그림 4와 같다. 표 10은 성능위주설계기준에서 제시하고 있는 인명안전기준을 기준으로 열(온도), 가시거리, 독성가스(CO, CO<sub>2</sub>), O<sub>2</sub>에 대해 분석한 결과이다. 온도의 경우 60초에 인명안전기준인 60 °C를 초과하는 것으로 나타났다. 가시거리의 경우 63초에 인명안전기준인 5 m 이하가 되는 것으로 나타났다. O<sub>2</sub>는 92초에 인명안전기준에서 제시한 15% 미만이 되는 것으로 나타났으며, CO<sub>2</sub>의 경우 100초에 인명안전기준인 5%를 초과하는 것으로 나타났다. CO의 경우 인명안전기준을 충족하는 것으로 나타났다. 이와 같은 화재시뮬레이션 결과를 토대로 산정한 ASET은 온도에 의한 결과값인 60초로 분석되었다.



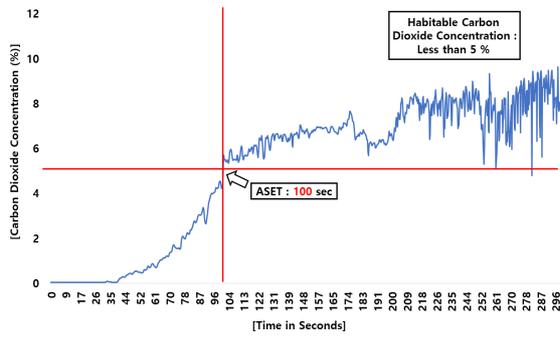
(a) 주출입구 온도 분석



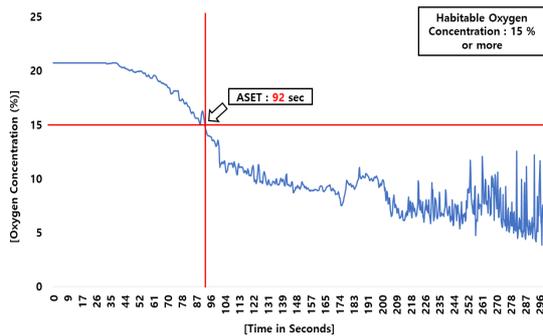
(b) 주출입구 가시거리 분석



(c) 주출입구 CO 농도 분석



(d) 주출입구 CO<sub>2</sub> 농도 분석



(e) 주출입구 O<sub>2</sub> 농도 분석

[Figure 5] Fire Simulation Analysis Graph.

<Table 10> ASET Calculation Status Based on Life Safety Standards of Performance Based Design Method

Division	Performance standard	Main Entrance
CO <sub>2</sub>	5% or less	100 sec
CO	1,400 ppm	Keep it below 1,400 ppm
O <sub>2</sub>	15% or more	92 sec
Visibility	5 m or more	63 sec
Temperature	60 °C or less	60 sec

성능위주설계에서는 일반적인 화재진행상황을 반영한 시나리오와 화재위험이 가장 높은 시나리오를 반영하여 3 가지 이상의 실험을 진행하도록 하고 있다. 이 연구에서는 Thunderhead Engineering사에서 제공하는 HRR 자료 중 산후조리원 화재 상황의 실험에 적절한 화점의 재료를 설정하여 HRR이 낮은 재료부터 시뮬레이션을 진행했다. HRR이 15 kW인 휴지통(폴리에틸렌, 우유팩) 화재 및 67.6 kW인 라운지 의자(라텍스 폼 충전재, 나무 프레임, 플라스틱 코팅 천)의 경우 1,000초를 분석하였으나 분석 시간 동안 인명안전기준에서 제시하고 있는 어떠한 기준도 벗어나지 않는 결과가 나타났다. 이 연구에서 화점의 재료로 설정한 소파(금속프레임, 우레탄 폼)의 경우 HRR의 값이 270.4 kW 이고, ASET이 184초로 분석되었다.

HRR이 1,000 kW인 의자(Chair 4)의 경우 ASET이 15.8초로 화재가 급격히 확대되어 인명안전기준의 분석이 무의미한 것으로 판단되어 4개의 실험결과 중 소파에서 화재가 발생한 것을 가정하여 분석을 실시하였다.

### 3.2 피난시뮬레이션

화재시뮬레이션에서 분석한 ASET인 60초를 기준으로 시나리오별 피난안전성을 분석한 결과는 표 11과 같다. 시나리오별 RSET의 경우 시나리오 1 52.5초, 시나리오 2 222.5초로 분석되었고, ASET인 60초를 기준으로 시나리오 1은 피난안전성이 확보되어 전원이 피난에 성공한 반면, 시나리오 2의 경우 피난에 성공한 인원이 한 명도 없는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 방탈출카페와 같이 게임을 시작하게 되면 밀폐구조로 변하는 영업장의 경우 안전시설등의 설치가 매우 중요한 사실임을 확인시켜주는 결과라 할 수 있다.

<Table 11> Occupant's Evacuation Status After Reaching the ASET by Scenario

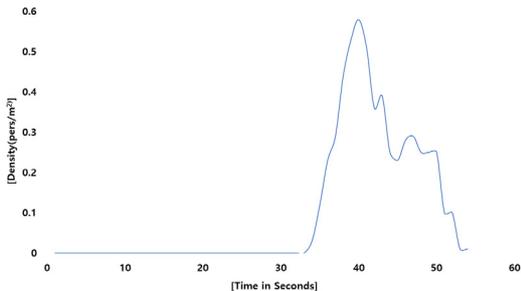
Division	Time and number of persons unable to evacuate
ASET	60
Scenario 1	0 out of 31 occupants are unable to evacuate
Scenario 2	31 out of 31 occupants are unable to evacuate

피난을 실시하는 주변 인원 등으로 인해 원래 보행속도보다 피난이 더디게 진행된 혼잡시간 합계 최대값의 경우 시나리오 1이 3.85초인 반면 시나리오 2는 66.25초로 혼잡시간의 합계간의 차이가 크게 발생함을 확인할 수 있었다. 이는 안전시설 등이 미설치된 방탈출카페의 상황을 설정한 시나리오 2의 경우 화재로 인해 정전이 되고, 재실자들이 내부구조를 잘 모르는 점 등을 감안할 때 빠르게 이동을 하지 못하는 상황 등이 반영된 결과라 할 수 있을 것이다. 재실자 최대 이동거리의 경우 시나리오 1이 26.038 m인 반면 시나리오 2가 29.081 m로 증가하는 결과를 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 안전시설등이 설치되지 않아 출구를 찾느라 다른 피난자와 부딪히며 옆으로 밀리게 되거나 다른 길을 찾기 위한 배회 등이 영향을 미친 것으로 판단된다. 시나리오 설정에 따른 RSET 결과 및 분석요소를 정리한 결과는 표 12와 같다.

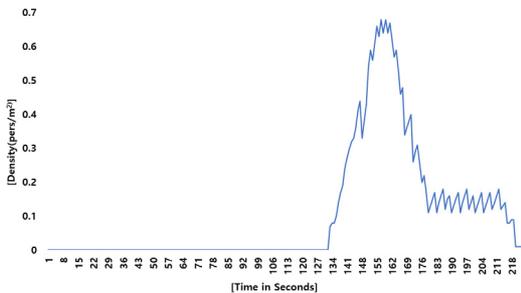
<Table 12> RSET Analysis by Scenario, etc

Division	Scenario 1	Scenario 2
Minimum REST and time difference [sec]	0	170
Number of people unable to evacuate in 52.5 seconds out of 31 people [Persons]	0	31
Maximum congestion time total [sec]	3.85	66.25
Maximum distance [m]	26.038	29.081
RSET [sec]	52.5	222.5

그림 5는 방탈출카페의 피난양상 분석을 위해 설정한 주출입구 부근 구간의 군집밀도 추이 분석을 위한 차트이다. 안전시설 등이 설치된 시나리오 1의 경우 피난을 개시함에 따라 군집밀도가 증가했다가 빠르게 감소하는 추세를 나타내어 안전시설 등을 설치하는 것이 피난에 큰 도움을 주는 결과로 이어짐을 확인할 수 있었다. 안전시설 등이 미설치된 시나리오 2의 경우 피난을 개시한 120초 이후 주출입구 쪽에 인원이 몰리며 군집밀도가 증가하는 것을 확인할 수 있으며, 155초에서 169초까지 약 14초간 병목현상이 발생하다가 군집밀도가 감소하였다. 이러한 결과는 31명이 재실하고 있는 방탈출카페의 인원배치 현황을 감안할 때 오랜 시간 병목현상이 유지된다고 판단할 수 있을 것으로 보인다. 반면 시나리오 1의 최고 군집밀도는 0.58 명/m<sup>2</sup> 이었으며 시나리오 2의 최고 군집밀도는 0.68 명/m<sup>2</sup> 로 나타났다.



(a) 시나리오 1 군집밀도 추이



(b) 시나리오 2 군집밀도 추이

[Figure 6] Trends in cluster density in main entrance

### 3.3 실험결과에 따른 제언

지금까지 실시한 화재 및 피난시뮬레이션 결과를 비교·분석한 결과에 따른 방탈출카페의 피난안전성 확보를 위한 개선 방향에 대한 제언은 다음과 같다.

첫째, 현재 다중이용업소의 안전관리에 관한 특별법 제 15조에 따른 다중이용업소에 대한 화재위험평가 등의 제도를 적극적으로 활용하여 빠르게 변화하고 있는 신종 다중이용업종에 대해 안전시설 등을 설치할 수 있도록 다중이용업의 대상으로 추가하는 것이 필요함을 제언하고자 한다. 2015년 4월 최초로 오프라인 방탈출카페가 소개된 후[8] 다수의 방탈출 카페가 생기며 이용자 수가 늘었지만 2022년 6월에야 관련 법령의 규제를 받게 되었다는 점을 감안할 때 방탈출카페와 같은 신종 다중이용업종에 대해 다중이용업의 대상으로 추가하는 절차가 필요하다고 할 수 있다.

둘째, 신규 또는 영업주가 변경되는 방탈출카페에 한해서만 현행 다중이용업소의 안전관리에 관한 특별법의 규제를 받을 뿐 기존 영업장의 경우 안전시설등의 설치를 유도할 방법이 없는 것이 현 실정이다. 게임을 시작하게 되면 밀폐구조가 되는 방탈출카페의 특성을 감안하여 안전 확보를 위해 신규 또는 영업주가 변경되는 경우에 한해서만 법령을 적용하는 것이 아니라 일정시간의 유예를 준 후 현행 법령의 규제를 받도록 하는 방안을 마련해야 할 것이다. 현행 법령에 따라 안전시설등을 설치하게 될 경우 음성유도등, 비상방송설비 등을 추가로 설치할 경우 피난안전성이 더욱 확보될 것으로 판단된다.

셋째, 현행 법령의 적용을 받지 않는 기존 영업장의 경우 안전시설등을 설치시킬 수는 없지만 영업주 및 종사자에 한해 소방안전교육을 받도록 해야 한다. 안전시설등이 설치되지 않은 최악의 상황에서 피난시간을 단축시킬 수 있는 요소 중 하나는 영업주와 종사자의 피난안전의식이라 할 수 있다. 소방안전교육을 통한 영업주와 종사자의 피난안전의식 향상으로 안전시설등이 설치되지 않아 위험한 방탈출카페의 피난안전성을 향상시켜야 할 것이다.

### 4. 결론

이 연구는 방탈출카페의 피난안전성을 분석하기 위하여 소방시설 등의 성능위주설계 방법 및 기준에서 정하고 있는 시나리오 작성 기준을 적용하여 화재 및 피난시뮬레이션을 실험한 것이다. 특히 2022년 6월 법이 개정됨에 따라 신규 또는 영업주가 변경되는 방탈출카페의 경우 안전시설등이 설치되는 경우와 기존부터 영업을 해와 안전

시설등이 설치되지 않은 경우로 나누어 시뮬레이션을 실시하고 결과를 비교·분석하였다. 각각의 실험을 통해 도출한 결과는 다음과 같다.

(1) 화재시뮬레이션을 통해 도출된 ASET과 피난시뮬레이션을 통해 도출된 RSET 결과를 비교·분석한 결과 안전시설등이 설치된 방탈출카페의 경우 피난안전성이 충족되었지만 안전시설등이 미설치된 방탈출카페의 피난안전성은 충족되지 않았다.

(2) 시나리오별 RSET의 경우 안전시설등이 설치된 시나리오 1은 52.5초, 안전시설등이 미설치된 시나리오 2는 222.5초로 분석되었다.

(3) 화재시뮬레이션에서 분석한 ASET인 60초를 기준으로 시나리오별 피난안전성을 분석한 결과 시나리오 1은 피난안전성이 확보되어 전원이 피난에 성공한 반면, 시나리오 2의 경우 피난에 성공한 인원이 한 명도 없는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 방탈출카페와 같이 게임을 시작하게 되면 밀폐구조로 변하는 영업장의 경우 안전시설등의 설치가 매우 중요한 사실임을 확인시켜주는 결과라 할 수 있다.

이 연구에서는 화재시뮬레이션과 피난시뮬레이션을 각각 실시한 후 ASET과 RSET을 분석하여 피난안전성을 평가하여 화재 성상 변화에 따른 피난 양상 변화를 측정하지 못했다 점과 00 지역에 위치한 방탈출카페의 안전시설등 설치결과를 근거로 안전시설등 설치유무에 따른 RSET의 변화를 분석하여 결론을 도출하였다는 한계를 가지고 있다.

하지만 실험의 결과로 도출된 바와 같이 안전시설등이 설치 됨에 따라 RSET이 단축되는 결과를 보여 다중이용업소의 안전관리에 관한 특별법에서 규정하고 있는 다중이용업소에 대한 화재위험평가 등의 제도 적극 활용을 통한 방탈출카페와 같은 신종다중이용업소의 관련 법령 규제, 일정기간 유예 후 안전시설등의 설치 규제, 기존 영업장에 대한 영업주 및 종사자에 대한 소방안전교육 강화 등의 신설이 필요하다는 근거를 마련했다는 점에서 의미 있는 실험이라 할 수 있다.

향후 이 연구에서 실시한 방탈출 카페를 대상으로 화재 및 피난 시뮬레이션을 커플링 방식으로 실시하여 화재 성상 변화에 따른 피난양상 변화를 측정하는 실제 화재 상황

과 유사한 실험을 진행하여 피난안전성을 평가하는 것이 필요할 것이다.

## 5. References

- [1] Korean Law Information Center(2021), Special act on the safety control of publicly used establishments.
- [2] J. S. Kim(2019), "A comparative analysis on evacuation time based on automatic fire alarm system and non-combustible materials in room-escape cafe." Master's thesis, Seoul National University of science and technology, Graduate School, Safety Engineering.
- [3] T. K. Kim, J. C. Park(2014), "Analysis of fire hazard of karaoke utilizing the fire simulation." Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society, 15(5):2533-2538.
- [4] J. S. Ha, S. Y. You, D. H. Han, T. K. Kim(2010), "Fire characteristic analysis of multi-use hostels by using CFAST." Journal of the Korean Society of Marine Engineering, 34(2):339-345.
- [5] R. S. Oh, S. N. Baek, Y. T. Jeon, J. H. Choi, J. H. Kim, J. W. Choi(2013), "Required Safe Egress Time (RSET) derivation and correlation analysis according to changes in hallway width and number of exits in multi-use establishments." Korean Institute of Fire Science & Engineering, 73-74.
- [6] SFPE(2021), The SFPE handbook of fire protection engineering (4th ed.).
- [7] S. J. Park, J. S. Lee, D. H. Kang, E. H. Jung, H. J. Jeon, S. B. Park(2007), "A study on the pedestrian speed and pedestal according to age." Journal of the Ergonomics Society of Korea, 430-434.
- [8] M. H. Lee(2018), "A study on sense of place in room-escape games." Master's thesis, Ewha Woman University.

### 저자 소개



#### 이 홍 상

우석대학교 일반대학원 소방안전공학과 박사  
과정  
관심분야: 소방전기, 소방기계, 소방방재정책 등



#### 이 재 영

건양대학교 화학과 이학박사학위 취득  
현재 건양사이버대학교 재난안전소방학과 부  
교수 재직 중  
관심분야: 안전교육, 위험물관리, 소방방재, 피  
난 및 화재 시뮬레이션 등



#### 공 하 성

학 위 : 행정학 박사, 공학 박사  
경 력 : 대한안전경영과학회 편집위원, 한국화  
재소방학회 평의원 역임  
관심분야: 소방전기, 소방기계, 소방방재정책 등  
근 무 지 : 우석대학교 소방방재학과 교수