

## 항공기 비상상황 시 기내 대피 효율성에 관한 실험적 연구

## Experimental Study on Evacuation Efficiency in the Airplane Cabin on Emergency

유정현<sup>1</sup> · 이영삼<sup>2</sup> · 나소정<sup>3</sup> · 김종훈<sup>4\*</sup>Jung Hyun Yoo<sup>1</sup>, Young Sam Lee<sup>2</sup>, So Jung Na<sup>3</sup>, Jong Hoon Kim<sup>4\*</sup><sup>1</sup>Professor, Department of Fire Safety Management, Osan University, Osan, Republic of Korea<sup>2</sup>Professor, Department of Fire Safety Management, Osan University, Osan, Republic of Korea<sup>3</sup>Professor, Department of Airline Service, Osan University, Osan, Republic of Korea<sup>4</sup>Professor, Department of Fire Safety Management, Osan University, Osan, Republic of Korea

\*Corresponding author: Jong Hoon Kim, aina47@osan.ac.kr

## ABSTRACT

**Purpose:** This study was conducted to investigate, through experimental methods, the efficiency of passenger movement and evacuation in the event of an emergency situation on an aircraft. **Method:** The experiment was conducted a total of 4 times, including 3 scenarios. The three situations were evacuation without luggage, evacuation with carry-on baggage, and evacuation with carry-on baggage and carrier. In the experiment, time was measured based on recorded video. **Result:** The total evacuation time was found to be approximately 1.5 times higher for the evacuation with luggage, and approximately 3.5 times higher for the evacuation with luggage and 3 carriers compared to the evacuation result in a situation where nothing was carried. As a result of applying the evacuation simulation, it was found that there was a difference from the experimental results. In particular, consideration of complex situations such as carrying out and moving carriers is considered to be a situation that requires more technical research. **Conclusion:** Quantitative data was obtained to determine how carry-on luggage and carrier affect evacuation.

**Keywords:** Air plane, Fire, Evacuation, Emergency, Experiment

## 요약

**연구목적:** 본 연구는 항공기 내 비상상황 발생 시 승객 이동 및 대피의 효율성에 대하여 실험적 방법을 통해 알아보려 수행되었다. **연구방법:** 실험은 3가지 상황 시나리오와 반복 수행을 포함 총 4회 진행되었다. 3가지 상황은 수화물이 없는 상태의 대피, 휴대수화물 소지 대피, 휴대수화물 및 캐리어 소지 대피였다. 실험은 기록된 영상을 기반으로 시간을 측정하였다. **연구결과:** 총 대피소요시간은 아무것도 소지하지 않은 상황에서의 대피결과에 비하여 휴대수화물의 반출은 약 1.5배, 휴대수화물과 캐리어 3개가 반출되는 실험의 결과는 약 3.5배 높은 것으로 나타났다. 피난시뮬레이션을 적용해본 결과 실험 결과와 차이가 발생함을 알 수 있었다. 특히 캐리어 반출 및 이동 등의 복잡한 상황의 고려는 좀 더 기술적으로 연구해볼아야 할 상황으로 판단된다. **결론:** 휴대수화물 및 캐리어 소지가 대피에 어떤 영향을 미치는지에 대하여 정량적으로 판단할 수 있는 근거자료를 확보하였다.

**핵심용어:** 항공기, 화재, 대피, 비상상황, 실험

Received | 19 January, 2024

Revised | 23 January, 2024

Accepted | 25 January, 2024

OPEN ACCESS



This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in anymedium, provided the original work is properly cited.

## 서론

전 세계적으로 COVID-19가 발생 이후 급격히 감소했던 항공기 운항은 2023년에 2022년 대비 97% 증가하였고, 여객은 코로나 이전 80% 회복을 했다고 한다. 항공기 탑승이 급격히 증가하고 있지만, 화재로 인한 기내 대피에 대한 불안감은 커지고 있다고 판단된다.

2024년 1월 2일 일본 하네다공항에서 두 대의 항공기가 충돌하여 화재가 발생하였고, 다행스럽게도 여객기 내 탑승자는 379명으로 전원 탈출에 성공하였다. 당시 승객들의 인터뷰를 보면, 매우 혼란스러운 현상이었으며, 객실 내 연기는 몇 분 만에 가득 찼다고 한다. 승무원들의 침착한 대응과 함께 개인 수화물을 들고 나오지 않은 승객들의 협조가 비교적 단시간에 대피가 완료된 요인이었다(Baker, 2024). 국내 항공사도 2016년 5월 27일 여객기 화재사건에서 엔진화재로 인해 승객들이 긴급하게 대피한 사건이 있었다. 항공기 내 승객들의 긴급한 대피는 객실 외부 상황에 의한 것만 있는 것은 아니다. 기내 수화물 중 화재위험성 물질 반입을 금지하고 있지만, 전자기기의 화재가 발생되고 있다. 2018년 2월 중국 남방항공 기내에서 휴대용 리튬배터리 충전기가 폭발하여 화재가 발생한 바 있다. 2023년 1월 싱가포르 스쿠트 항공 여객기 내부에서 휴대용 리튬배터리로 인한 화재가 발생하였다. 또한 2022년 12월 26일 루프트 한자 여객기내에서도 과열된 노트북으로 인해 화재가 발생한 사례도 있다. 2020년 2월 국내 항공사인 티웨이항공도 비행 중 승객이 소유한 휴대용 배터리에서 화재가 발생한 사고도 있었다. 이러한 항공기 기내 대피에 대한 분석은 컴퓨터 화재시뮬레이션과 물리적 시험으로 시도해볼 수 있다. EASA(European Union Aviation Safety Agency) CS-25.803에 의하여 비상구를 절반으로 사용하면서 90초 이내에 모든 승객 및 승무원이 비상으로 대피할 것이 요구되고 있다. 대부분의 관련 연구는 항공기 설계가 이에 적합한지 검토하기 위한 방안에 대하여 진행되었다. 기내 대피 시뮬레이션 모델은 영국에서 개발된 airExodus가 있다. 하지만 이 모델은 현재 컨설팅 서비스에만 사용되고 일반인은 사용할 수 없게 되어있다(Galea et al., 2002). 최근 PATHFINDER를 사용한 항공기 대피 시뮬레이션 분석이 수행된 바 있다(Gobbin et al., 2021). 실제 대피시험의 적용은 Airbus A380 항공기에 대하여 진행되었는데, 이는 EASA와 FAA(Federal Aviation Administration)의 요구에 의하여 진행되었다. 853명의 지원자와 20명의 직원이 참여한 시험에서 16개의 출구 중 8개만 사용하여, 90초 이내에 모두 탈출에 성공하였다. 하지만, 1명이 다리가 골절되었고, 약 30명 정도가 가벼운 부상을 입게 되는 결과도 나타났다(Daly, 2006; NBC news, 2006). 항공기 기내의 대피 안전성을 판단하기 위해서는 90초라는 시간 기준에 맞추기 위하여 무리하게 진행되는 실험보다는 시뮬레이션을 적용하여 좀 더 다양한 시나리오를 검토해볼 필요가 있다. 특히 항공기 기내 좌석의 간격이나 배치 등은 변경이 진행되는 경우에도, 변화의 적정성을 판단해보기 위해서는 분석이 필요하다.

본 연구는 먼저 항공기 내 비상 상황 발생 시 승객들이 대피를 위한 준비단계에서 수화물의 소지 여부를 중심으로 시나리오를 구분하였다. 그리고 이에 대하여 실험을 통해 이동 및 대피의 효율성에 대하여 실험적 방법을 통해 알아보고자 수행되었다. 또한 피난시뮬레이션과 실험의 결과를 비교하여 안전성 분석에 대한 적용 가능성을 알아보았다.

## 항공기 기내 화재 시 대피 장애 요소

항공기에서의 화재가 발생하거나, 외부 화재 등으로 비상착륙을 하여 긴급히 외부로 이동해야 하는 상황에서 승객들의 이동이 진행된다. 이러한 이동 시의 대피에 지장을 주는 행동과 요소는 다음과 같다.

- (1) 개인 좌석에 놓은 수화물을 챙김
- (2) 기내수화물 함(Overhead bin)에서 가방 및 배낭 등 개인 휴대 수화물을 꺼냄
- (3) 기내수화물 함에서 캐리어 등 개인 휴대 수화물을 꺼냄

위 (1)~(3)은 대피 이동의 시작을 지연시키게 되는 데, (1)의 경우 좌석의 밑이나 앞 주머니 등에 있던 개인 수화물을 챙기는 것은 시간적 소요가 비교적 짧을 것으로 판단되지만, (2), (3)의 경우처럼 기내 수화물함 내 수화물을 외부로 꺼내는 데에는 시간이 소요될 뿐만 아니라 좁은 항공기 통로를 막아 타인의 이동을 방해한다는 것이 문제이다. 여기서 수화물을 꺼내는 데에도 배낭이나, 쇼핑백 등의 가방은 반출이 용이하지만, 캐리어의 경우 긴 시간이 소요되는 문제가 있다. 이러한 이유로 항공기에서의 비상대피 시 개인 수화물 휴대를 하지 말도록, 안내는 되고 있지만, 실제 사고 시 캐리어를 들고 나오는 경우가 발생하게 된다. 예를 들면 2013년 미국 샌프란시스코 공항에서의 항공기 사고에서 여행용 캐리어와 면세품 등을 소지하고 나온 승객이 상당수 있었던 것으로 알려진 바 있다. 기내 서비스 시행 중 승객 이동상황이 발생한 바는 드물지만, 소지한 전자기기의 리튬배터리 화재 등의 상황에서 다른 인접 가연물로 신속히 확산되는 경우 해당 구역의 승객들이 다른 구역으로 일부 이동해야 하는 상황이 발생할 수도 있다. 재난발생시 피해가능성 불만수준, 지각된 심리적 스트레스는 대피행동에 중요한 영향을 미칠 수 있다(Ji et al., 2020).

## 실험 개요 및 설정

### 실험 목적과 수행 개요

본 실험은 항공기 비상 상황 시 기내 대피 효율성을 알아보기로 수행되었다. 본 실험에서는 다양한 상황 시나리오를 적용하여 그에 따른 차이를 확인하였으며, 특히 시간적 요소를 측정하여 비교해 보고자 하여 정량적 데이터를 생성하고자 하였다.

### 실험 시나리오 설정

본 실험은 다음의 3가지 상황 시나리오를 설정하여 수행하였으며, 1번 시나리오를 적용한 시험을 1회 추가하여 총 4회 수행되었다. 단 승객들의 좌석에서 대피를 동시에 시작하는 것으로 하였다. 이는 항공기 기내의 경우 공간이 협소하고 상황 전달이나 인식이 매우 신속하며, 비상 상황 시에는 대부분 외부 정보를 명료하게 인지할 수 있는 상태이기 때문에 상황 전달과 판단으로 인한 대피의 지연은 시나리오에서 제외하였다.

- (1) 시나리오 1 : 수화물 없는 상황
- (2) 시나리오 2 : 휴대 수화물 반출 상황
- (3) 시나리오 3 : 휴대 수화물 및 일부 캐리어 반출 상황
- (4) 시나리오 4 : 수화물 없는 상황(시나리오 1 반복)

### 실험 세트 및 측정

#### 실험장소 및 시설

본 실험은 Fig. 1에서 보는 바와 같이 항공기 기내와 좌석 배치의 조건이 동일한 오산대학교 항공서비스과의 항공객실서

비즈니스 실습실에서 수행되었다. 내부에는 총 49석의 이코노미 좌석이 있으며, 4개의 프리미엄 이코노미급의 좌석이 있다. 전면에는 2개의 승무원 좌석이 있으며, 뒷부분에 서비스카트 및 서비스 준비를 하기 위한 시설이 만들어져있다. 또한 기내 화장실도 배치되어 있다. 좌석 상부에는 기내 수화물함이 설치되어 있어, 실험 시 휴대가방과 캐리어를 수납하는 데 사용되었다. 실내 크기는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 길이가 약 12.4m, 폭은 약 4.7m, 복도 폭은 약 0.53m이다. 앞과 뒤에 문이 있지만, 뒷문은 사용하지 않았으며, 앞쪽 문의 폭은 1.2m 이다. 항공기 출입문은 유효너비의 증가에 따라 피난시간이 줄어든다 (Yang, 2022). 그러므로 문에서의 병목현상 발생도 검토해보아야 한다.



Fig. 1. Airline cabin service practice room

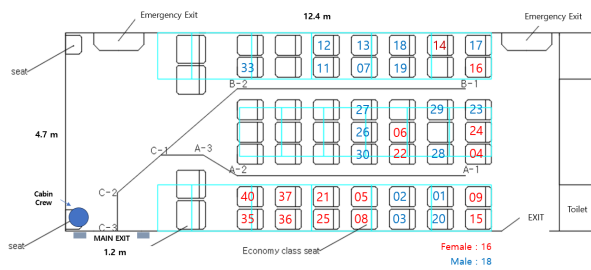


Fig. 2. Configuration of the cabin

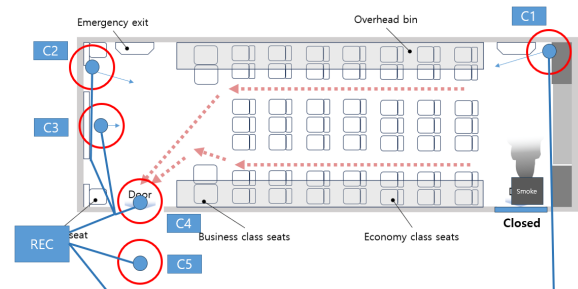


Fig. 3. Positions of CCTV Camera

### 실험측정

실험의 측정은 영상을 기록하고 이를 기반으로 영상분석을 통해 수행하였다. 영상의 기록을 위하여 총 5대의 CCTV 카메라가 설치되어 영상을 기록하였으며, 위치는 Fig. 3과 같다.

### 실험참여인원

실험의 측정은 총 34명이 승객으로 이코노미 좌석에 앉았으며, 승무원 1인이 승무원 좌석에 위치하여 실험이 수행되었다. 승객 중 33명은 20대 초반으로 대학생이었으며, 60세 1인이 참여하였고, 이중 남자는 총 18명, 여성은 16명이었다. 각 인원의 착석 위치는 Fig. 2를 참고하면 된다.

**유동계수 및 보행속도 산정**

실험의 측정은 유동계수와 보행속도를 측정하였다. 유동계수(flow rate)는 흐름율, 유동률, 유출계수란 용어를 사용하기도 하며, 문 폭이 결정되어 있을 때 단위시간당 이 문을 통과할 수 있는 인원수를 예측하는데 쓰이는 계수로 대피시간을 평가하기 위해서는 매우 유용한 변수이다(Kim et al., 2005).

$$f = \frac{N}{W \cdot t} \tag{1}$$

$f$  : 유동계수(N/m·s)

$N$  : 사람 수(N)

$W$  : 문의 폭(m)

$t$  : 시간(s)

또한 대피 속도도 측정하였으며, 각 인원의 출발 위치에서 최종 출구까지 이동하는 시간을 측정해보았다.

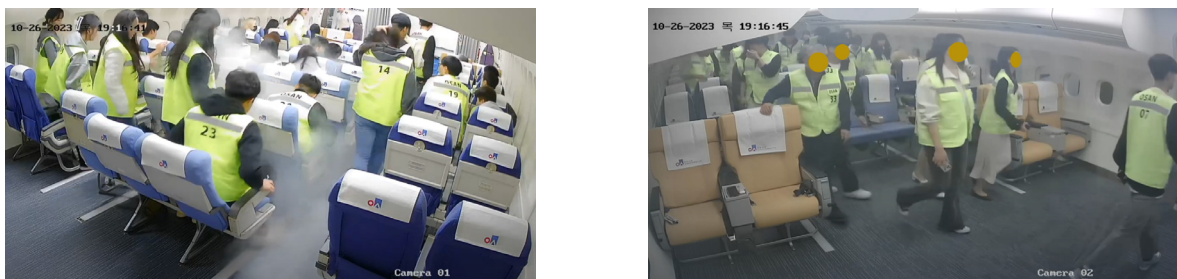
**기타 도구**

실험 참여의 현실감을 높이기 위하여 연기 발생장치(Smoke generator)를 사용하여 실험 시작 시 객실의 뒷부분에서 연기를 방출시켰다. 메가폰으로 출발 신호를 전달하였다.

**실험 수행 및 결과**

**Case 1 : 수화물 없는 상황**

Case 1은 시나리오 1의 상황으로 가장 이상적인 상황의 대피가 진행되는 것으로, 즉시 대피 지연시간도 최소화되도록 설정되었다. 실험 수행 장면은 Fig. 4와 같다. 실험참여의 현실감을 높이기 위하여 연기 발생장치(Smoke generator)를 사용하여 실험 시작 시 객실의 뒷부분에 연기를 발생시키고, 출발 신호를 주었다. 문 앞에 앉아있던 승무원은 즉시 문을 통해 외부로 나왔으며, 이후 승객 역할의 참가자들이 대피하였다. 참가자들의 대피완료시간은 총 29초였으며, 최초 참가자의 도착시간과 최종 참가자의 문 통과시간 사이에 소요된 시간은 21초였다.



**Fig. 4.** Evacuation scene from the 1st experiment

### Case 2: 휴대 수화물 반출 상황

Case 2은 시나리오 2의 상황으로 각 개인이 소지하고 있던 가방 등을 소지하고 대피하는 상황이다. 실험 수행 장면은 Fig. 5와 같다. 연기발생장치와 메가폰을 사용하여 실험 시작 신호를 전달하였다. 문 앞에 앉아있던 승무원은 즉시 문을 통해 외부로 나왔으며, 이후 승객역할의 참가자들은 기내 수화물 함에 수납되었던 개인의 가방 등을 가지고 대피하였다. 참가자들의 대피완료시간은 총 49초였으며, 최초 참가자의 도착 시간과 최종 참가자의 문 통과시간 사이에 소요된 시간은 36초였다.



Fig. 5. Evacuation scene from the 2nd experiment

### Case 3 : 휴대 수화물 및 일부 캐리어 반출 상황

Case 3은 시나리오 3의 상황으로 실제 발생 가능한 대피 상황에 유사하도록 설정되었다. 실험 수행 장면은 Fig. 6와 같다. 실험 참가자의 3인은 캐리어를 가지고 대피를 수행하였다. 실험 시작 신호를 전달 후 문 앞에 앉아있던 승무원은 즉시 문을 통해 외부로 나왔으며, 이후 승객 역할의 참가자들은 기내 수화물 함에 수납되었던 개인의 가방과 캐리어를 꺼내서 가지고 대피하였다. 캐리어를 꺼내는 동안 통로가 막히면서 시간이 지연되었으며, 참가자들의 대피완료시간은 총 100초였고, 최초 참가자의 도착시간과 최종 참가자의 문 통과시간 사이에 소요된 시간은 93초였다.



Fig. 6. Evacuation scene from the 3rd experiment

### Case 4 : 수화물 없는 상황

Case 4은 시나리오 1의 상황을 반복한 시험으로 설정되었다. 실험 시작 신호를 전달 후 문 앞에 앉아있던 승무원은 즉시 문을 통해 외부로 나왔으며, 이후 승객역할의 참가자들이 대피하였다. 참가자들의 대피완료시간은 총 28초였으며, 최초 참가자의 도착시간과 최종 참가자의 문 통과시간 사이에 소요된 시간은 24초였다.

## 실험 수행 결과 분석

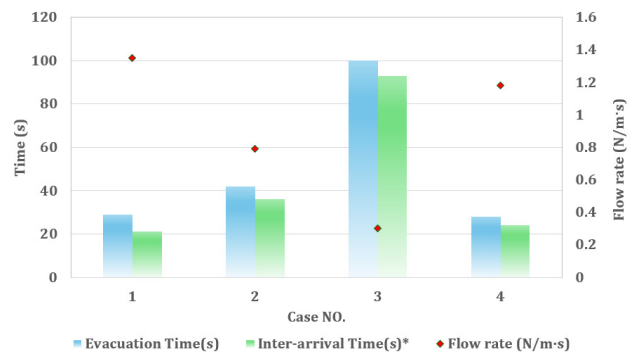
### 대피 소요시간 및 유동계수 비교분석

수행된 4회의 실험결과를 Table 1에서 분석해보았다. 우선 Case 1과 Case 4의 결과는 대체로 유사하여, 가장 신속한 즉시 대피 결과의 신뢰성을 확인할 수 있었다. 총 대피소요시간(Evacuation time)은 아무것도 소지하지 않은 Case 1과 Case 4의 결과에 비해 Case 2는 약 1.5배, Case 3은 3.5배 더 소요되는 것으로 나타나고 있다. 첫 번째 사람이 나간 시간과 최종 참가자가 문을 통과한 시간도 Case 1, Case 4에 비하여 Case 2는 약 1.6배, Case 3은 약 4.1배 정도 증가한 것으로 나타남을 볼 수 있다. 실험 수행 시 병목현상이 발생하지는 않고 대체로 원활한 흐름이었지만, 동일한 인원로 통과에 소요되는 시간이 길어짐에 따라 유동계수의 차이가 발생함을 볼 수 있다. 시간과 유동계수의 비교는 Fig. 7에서 보는 바와 같다.

**Table 1.** Result of experiments

Case NO.	Evacuation Time (s)	Inter-arrival Time (s)*	Flow rate (N/m·s)
1	29	21	1.35
2	42	36	0.79
3	100	93	0.30
4	28	24	1.18

\*Time interval between first person arrival time and last person arrival time



**Fig. 7.** Comparison of the results

### 보행 소요시간 비교분석

수행된 4회 실험의 영상에서 뒷 좌석에 앉았던 참가자를 추적하여 보행 소요시간을 분석해보았다. 실험이 수행된 공간에서의 구간 구분은 Fig. 8과 같으며, 각 구간의 거리는 대체로 Table 2와 같다. Table 2의 거리는 대상 공간을 CAD로 작업하고 측정된 것으로 실제와는 차이가 발생할 수 있다.

Table 3에서 분석의 결과는 Route A와 Route B의 좌석 배치 지역 내 통로 부분인 A-1 ~ A-2, B-1~B-2 구간을 대상으로 수행되었다. 분석 대상은 맨 뒷 열에 앉아있던 4명의 참가자였다. 각 인원의 위치는 Fig. 2에서 참고할 수 있다.

Case 1의 실험에서 17번은 매우 신속하게 나가지만, 나머지 참가자는 유사한 시간이 소요되는 데, 이는 17번 참가자의 통과 시 복도로 유입되는 인원이 적어 이동에 지장이 없었기 때문이다. 그러므로 보행속도도 1.14m/s로 (Lee et al., 2021)의 논문에서 제시된 20-30대 남성은 1.49m/s, 여성은 1.35m/s의 자유보행속도 수치에 근접하는 기록을 보여주고 있다. 그 이외 참가자 소요시간과 속도는 Case별로 분명하게 차이가 나타나고 있으며, 특히 캐리어를 반출하는 Case 3의 이동 지연이 매우 큰 것으로 나타나고 있다. 또한 영상분석을 통해 C-1~C-3에서의 참가자 중 이동속도를 분석해보면 약 1.16.m/s가 최대로 나타나고 있으며, 이는 자유보행속도로 판단해볼 수 있다.

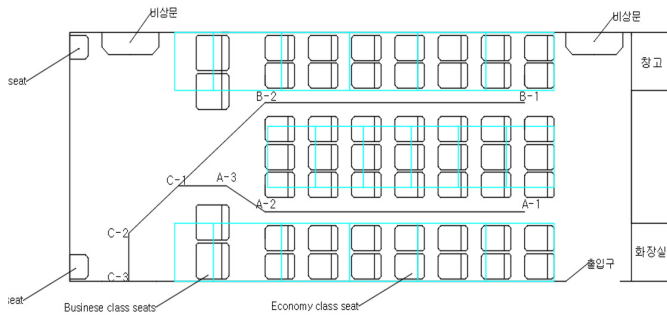


Fig. 8. Configuration of the cabin

Table 2. Distance of each section

Route A (A1~C3)		Route B (B1~C3)	
Section	Distance (mm)	Section	Distance (mm)
A-1 ~ A-2	5700	B-1 ~ B-2	5700
A-2 ~ A-3	981.5	B-2 ~ C-2	3890.12
A-3 ~ C-1	1054	C-2 ~ C-3	904.75
C-1 ~ C-2	1421.19		
C-2 ~ C-3	904.75		
A-1 ~ C-3	10061.44	B-1 ~ C-3	10494.87

Table 3. Travel time and speed of each participants

NO.	Route	Time(s)				Speed (m/s)			
		1	2	3	4	1	2	3	4
17	A-1~A-2	5	26	141	18	1.14	0.22	0.04	0.32
23	A-1~A-2	18	24	142	20	0.32	0.24	0.04	0.29
9	B-1~B-2	16	34	150	18	0.36	0.17	0.04	0.32
4	B-1~B-2	15	34	150	18	0.38	0.17	0.04	0.32

## 실험 데이터 적용 시뮬레이션 수행 및 비교

### 시뮬레이션 분석 수행 개요 및 적용 분석모델

본 실험의 수행은 항공기 내 비상상황 발생 시 승객 이동 및 대피의 효율성에 대하여 실험적 방법을 통해 알아보고자 목적이 있었다. 하지만 실험적 방법은 비용과 시간 측면에서 많은 자원이 소요되는 일이며, 이에 대한 대안으로 시뮬레이션을 적용한 분석이 사용된다. 본 실험의 결과와 시뮬레이션의 결과를 비교하는 확인(Validation) 절차는 분석 결과의 신뢰성을 확보하는 데, 매우 중요한 작업이다. 이는 모델이 현실세계를 얼마나 정확하게 표현하는지를 검증함을 통해 그 적용의 신뢰성을 판단하는 중요한 절차이다(Hees, 2013). 항공기 화재 분석을 위한 피난모델 적용의 신뢰성을 판단하기 위하여 PATHFINDER를 적용한 분석을 수행하여 보았다. 이 모델은 THUNDERHEAD사에서 개발한 거주자 대피를 평가하기 위한 시뮬레이션을 수행할 수 있는 컴퓨터 프로그램이다.

### PATHFINDER 시뮬레이션 설정

본 실험과의 비교는 대피모델에 실험 상황을 반영하여 설정하였다. Behaviors 설정에서 Fig. 8에 표시한 A-1~C-3, B-1~C-3 경로를 설정하고, 34명에게 실험 때 이동한 경로를 선택하도록 지정하였다. 34명은 60대 남성, 20대 남성, 20대 여성의 3그룹으로 나누어 입력하였으며, 어깨 폭(Shoulder width)은 60대 남성의 경우, 44.9cm, 20대 남성은 46.85cm, 20대 여성은 40.9cm로 설정하였다. 이 데이터는 한국인 인체치수조사의 위팔사이너비 데이터로 설정하였다. 각 인원의 보행속도는 실험에서 측정된 최대보행속도인 1.14m/s를 적용하였다. PATHFINDER에는 좁은 지형을 통과하는 기능이 있어 최소 폭을



0.25m로 설정하여, 좁은 의자 사이를 빠져나오도록 기능을 설정해보았다. 설정과 수행은 Fig. 9를 참고한다. Case 1, Case 4의 시뮬레이션은 즉시 대피이므로 초기지연시간(Initial Delay)를 주지 않았으며, Case 2의 Route A, B 모두 8초의 지연시간을 설정하였고, Case 3의 Route A는 17초, B는 6초를 설정하였다. 이는 각 경로에서 흐름이 시작되는 시간을 영상에서 보고 설정한 것이다. 실험의 결과와 피난시뮬레이션의 결과는 Table 4에서 비교하였다. 비교의 결과를 보면, Case 1,4는 약 14초, Case 2의 결과는 약 9초 정도의 차이가 발생하였지만, Case 3의 결과는 약 49초로 다른 결과에 비해 큰 차이를 나타내고 있다. 실험과 시뮬레이션 결과의 비교는 Fig. 10에서 보는 바와 같다. 이는 캐리어의 반출 및 이동 준비에 대한 부분을 시뮬레이션에서 고려하는 방식에 개선이 필요한 것으로 판단된다. 결과 실험의 결과와 시뮬레이션 결과의 차이를 좁히려면, 각 인원 이동속도 등에 대한 설정에 있어 추가적인 연구가 필요한 것으로 판단된다.



Fig. 9. View of the modeling input

Table 4. Comparison of the results

Case NO.	Evacuation Time (s)		
	Experiment	PATHFINDER modeling	Diff.
1	29	39.9	10.0
2	42	50.5	8.5
3	100	50.8	49.2
4	28	41.5	13.5

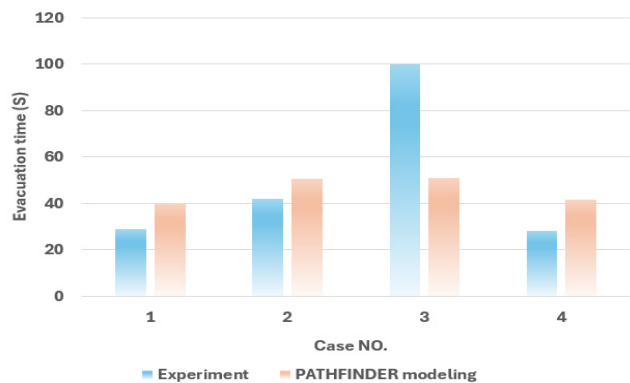


Fig. 10. Comparison of the results

## 결론

본 연구는 항공기 내 비상상황 발생 시 승객 이동 및 대피의 효율성에 대하여 실험적 방법을 통해 알아보고자 수행되었다. 또한 피난시뮬레이션과 실험의 결과를 비교하여 안전성 분석에 대한 적용가능성을 알아보았다. 실험은 3가지 상황 시나리오와 반복 수행을 포함 총 4회 진행되었으며, 총 대피소요시간은 아무것도 소지하지 않은 상황에서의 대피결과에 비하여 휴대수화물의 반출은 약 1.5배, 휴대수화물과 캐리어 3개가 반출되는 실험의 결과는 약 3.5배 높은 것으로 나타나, 휴대수화물 및

캐리어 소지가 대피에 어떤 영향을 미치는 지에 대하여 정량적으로 판단할 수 있는 근거자료를 확보하였다. 2개의 복도를 통해 유출되는 피난인으로 인해 출구에서의 병목현상은 없었으며, 휴대수화물과 캐리어 반출 등으로 각 개인의 피난시간이 길어지는 경우 긴 시간동안 피난인이 통과하여 유동계수는 낮게 나타나는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과는 선정된 참가자의 복도 이동시간과 복도 내부에서의 속도에서도 잘 나타나는 것을 알 수 있다.

피난시물레이션을 적용하여 분석 해본 결과 실험 결과와 차이가 발생함을 알 수 있었다. 특히 캐리어 반출 및 이동 등의 복잡한 상황의 고려는 좀 더 기술적으로 연구해보아야 할 상황으로 판단된다. 또한 항공기 내 발생할 수 있는 정전이나 테러 등 대피에 지장을 주는 다른 상황에 대한 연구도 수행되어야 할 것이다.

## Acknowledgement

이 연구는 2023학년도 오산대학교 교내 연구비 지원에 의하여 이루어졌음.

## References

- [1] Baker, G. (2024). "Japan jet crash: Passengers describe chaos inside flight 516", BBC, 2024.01.02., <https://www.bbc.com/news/world-asia-67865132>
- [2] Daly, K. (2006). "Airbus A380 evacuation trial full report: everyone off in time", FlightGlobal, 2006.04.06., <https://www.flightglobal.com/airbus-a380-evacuation-trial-full-report-everyone-off-in-time/66584.article>
- [3] EASA(European Union Aviation Safety Agency) CS25.803 Emergency Evacuation.
- [4] Galea, E.R., Blake, S.J., Lawrence, P., Gwynne, S. (2002). "The airEXODUS evacuation model and its application to aircraft safety." FAA/JAA Conference, Atlantic City.
- [5] Gobbin, A., Khosravi, R., Bardenhagen, A., (2021). "Emergency evacuation simulation of commercial aircraft." Discover Applied Sciences, Vol. 3, 446.
- [6] Hees, P. (2013). "Validation and verification of fire models for fire safety engineering." Procedia Engineering, Vol. 62, pp. 154-168.
- [7] Ji, Y.I., Moon, Y.M. (2020). "Factors affecting potential disaster damage and perceptible stress influencing evacuation behavior." Journal of the Society of Disaster Information, Vol. 16, No. 3, pp. 594-601.
- [8] Kim, E.S., Lee, J.S., Park, S.M., You, H.K. (2005). "A study on evacuation of patients in hospitals : Part II." Fire Science and Engineering, Vol. 19, No. 59, pp. 28-36.
- [9] Lee, J., Yuan, T.F., Choi, J.S., Yoon, Y. (2021). "Evacuation safety and time in apartment using egress simulation." Journal of the Korean Society Hazard Mitigation, Vol. 21, No. 1, pp. 13-24.
- [10] NBC news (2006). "A380 superjumbo passes key evacuation test", <https://www.nbcnews.com/id/wbna12065293>
- [11] Yang, S.H. (2022). "Analysis of the effect of the effective width of the exit of the evacuation stairs on the evacuation time of the occupants." Journal of the Society of Disaster Information, Vol. 18, No. 1, pp. 73-79.