

# 운항실습선 교육생의 승선 숙련도에 따른 피난행동특성 비교분석

† 황광일 · 이윤석\*

† 한국해양대학교 기계·에너지시스템공학부 교수, \* 한국해양대학교 선박운항과 교수

## A Comparative Study on Evacuation Behavior Characteristics of Trainees according to Experience Level on board a Training Ship

† Kwang-il Hwang · Yun-Sok Lee\*

† Division of Mechanical and Energy Systems, Korea Maritime and Ocean University, Busan 606-791, Korea

\* Department of Ship Operation, Korea Maritime and Ocean University, Busan 606-791, Korea

**요 약** : 다양한 여가 활동 수요증가와 함께 국내에서도 여객선과 크루즈선의 이용자수가 증가하고 있다. 그러나 과거 10년간 연평균 15건 이상의 여객선 안전사고가 발생했음에도 불구하고 승조원과 승객의 피난행동특성과 관련된 연구는 매우 미흡한 실정이다. 본 논문은 승선생활 환경에 익숙한 3학년과 승선생활이 생소한 1학년을 대상으로 선박에서의 승선생활 숙련도에 따른 각 피난행동특성을 비교분석한 것이다. 연구결과를 정리하면 다음과 같다. 3학년 실험에서 승조원의 안전성 향상을 위해서는 다양한 재난대응 시나리오의 개발과 실전 교육이 필요하다는 사실을 알게 되었고, 1학년 실험에서는 신규 승조원과 승객을 대상으로 한 초기 피난안전교육과 선내구조에 익숙한 기존 승조원에 의한 피난안전 유도 임무의 중요성을 확인할 수 있다. 또한 재난상황과 그 전개과정에 대한 상황인식 공유가 전체 피난시간에 큰 영향을 미친다는 사실을 설명할 수 있으며, 피난상황 발생 시 승선자의 안전성 향상을 위해서는 피난계획기법 상 선장과 관련 승조원이 반드시 선내 모든 피난경로와 경로별 피난자수를 통제할 수 있어야만 한다는 사실을 확인하였다.

**핵심어** : 여객선, 선박, 안전사고, 숙련도, 피난행동특성, 피난계획

**Abstract** : With the increasing needs on various leisure activities, the users of passenger ships and cruisers have been increased year by year. Although over 15 accidents per year betide on domestic passenger ships for last decade, the researches on the safety of crews and guests on boards are difficult to find. This study performed the comparative analysis by experiments on the evacuation characteristics between experience levels on board a training ship. The followings are the results. From the seniors' experiments, it is found that more various evacuation scenarios have to develop and drill as a part of education contents. And from the freshmen's trials, the importances of the evacuation education and the roles of existing crews on evacuation guides are pointed out as to increase the safety of new crews and/or guests who are not accustomed to onboard a ship. On the other, it is explained that the communications between evacuees are worthy and useful, and also save more evacuation times. And on the viewpoint of evacuation methodology, it is clear that captain and evacuation-related crews have to control all the evacuation passages and evacuees of each passages to save more lives.

**Key words** : passenger ship, ship, safety accident, experience level, evacuation behavior characteristics, evacuation planning

### 1. 서론

우리 사회의 경제중심인 중년층의 삶의 질에 관한 관심과 주5일제 근무환경에 따른 새로운 여가문화에 대한 사회적 요구가 증가하면서, 국내외 여객선과 크루즈선을 이용한 여객산업은 매년 빠르게 증가하는 경향을 보이고 있다. 수치적으로는 국내 연안여객선 이용승객수가 2003년 1033만 명에서 2012년 1453만 명으로 40.7% 증가하였고(KSA, 2013), 국내 항에 입항하는 크루즈선의 입항 횟수는 2008년 73회에서 2012년 222회로 증가했을 뿐만 아니라 2014년 입국자수 35만명을 목

표로 외국인 관광객 유치를 위해 노력하고 있다(KCTI, 2012).

그러나 다수의 불특정 승객이 이용하는 여객선, 크루즈선의 운항회수 증가와 함께 2002년부터 2012년까지 매년 평균 15건 이상의 선박사고가 발생했음(KSA, 2013)에도 불구하고 국내에서 선박 승조원과 승객을 포함하는 승선자의 피난행동특성에 관한 연구는 매우 미흡한 상황이다. 지금까지 국내에서 선박을 포함하는 해상구조물의 인적안전 관련연구는 많지 않으며, 최근에는 승조원에 의한 선박사고를 최소화하기 위한 Human factor 관점에서의 연구결과가 발표되었고(Kim, 2007; Yim 2009), 일반 승선자의 피난행동특성 관련해서는 승선생

† Corresponding author : 종신회원, hwangki@kmou.ac.kr 051)410-4368

\* 종신회원, lys@kmou.ac.kr 051)410-5098

(주) 이 논문의 일부는 “운항실습선 교육생의 교육수준에 따른 피난특성”이란 제목으로 “2014 공동학술대회 (사)한국항해항만학회논문집(한국해양대학교, 2014.6.12-14, pp.168-169)”에 발표되었음.

활에 익숙하지 않은 대학생의 이동특성을 실험을 통해 분석한 연구가 발표되었다(Hwang, 2013). 이에 반해 해외의 경우 협회와 학회 중심으로 해상 재난과 승선자의 안전을 설계하고 평가하는 연구가 다수 발표되고 이 결과가 각종 정책에 반영되고 있다(RINA, 2012, 2014).

본 논문은 선박 승조원의 피난행동특성을 파악하고 이를 향후 피난예측 시뮬레이션의 기초데이터로 활용할 목적으로, 운항실습선의 승선생활 환경에 익숙한 3학년과 승선생활에 생소한 1학년이 참가하는 3가지 시나리오의 실험을 통해 승선생활 숙련도에 따른 각 피난행동특성을 비교분석하였다.

## 2. 실험 개요와 방법

### 2.1 실험 개요

본 연구는 해기사 전문인력양성을 목적으로 2005년 12월에 건조된 한국해양대학교 운항실습선 한바다호에서 수행되었다. 한바다호의 갑판구조는 위에서부터 Navigation and Bridge deck, Boat deck, Shelter deck, Main deck, Second deck의 6개 deck로 구성되었으며, 정격승선인원은 교수 및 승조원 42명과 훈련생 204명 등 총 246명이다. 한바다호의 개요를 Fig.1과 Table 1에 정리하였다.(Cho et al.,2007)



Fig. 1 The external appearance of the training ship

Table 1 The specifications of the training ship

Length	117.20 m
Width	17.80 m
Gross tonnage	6,686 GT
DLWL	5.9 m
People	Total 246 (Crew 42, Trainee 204)
Speed	Max.19 kts, Average 17.5 kts

본 연구의 실험은 2012년 11월 6일 ~ 7일간 부산과 울산을 왕복운항하는 항로에서 수행하였다. 실험은 출항 후 1시간이 경과한 시점에서 시작되었고, Fig. 2는 실제 실험이 수행된 2012년 11월 6일 정오 ~ 오후 1시 동안의 수평면을 기준으로 한 선박의 롤링변화와 피칭변화를 나타내는데, 이로부터 실험 기간 중 롤링 변화폭은 평균  $\pm 2^\circ$  범위 내였고, 피칭 변화폭은

거의 변동을 느끼기 어려울 정도로 안정적인 조건에서 운항하였음을 알 수 있다.

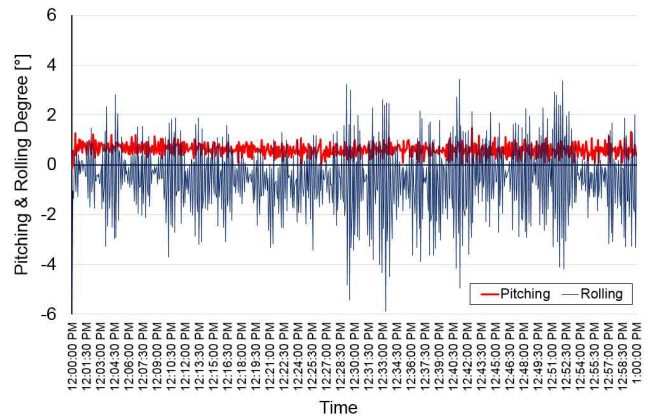


Fig. 2 Pitching and rolling degree variation during trials

실험참가대상은 본 운항실습선에서 1학기 동안 승선생활을 하여 선내 구조에 익숙한 3학년 학생 84명(남학생 69명, 여학생 15명)과 처음으로 본 운항실습선에서 승선훈련을 받게 된 1학년 학생 77명(남학생 66명, 여학생 11명)으로 구성되었고, 모든 학생들은 Second deck와 Main deck 좌우현의 4인용 선실에 균등히 배정되었다.

### 2.2 실험 방법

실험의 기본 개념은 피난훈련 경보가 발생하면 각자 배정된 선실에서 출발하여 지정된 집합장소까지 이동하는 개인별 도착시간을 측정하는 것이다. 본 실습선의 집합장소는 Shelter deck의 예식갑판으로 Fig. 3의 Muster Station으로 표시된 영역이다.

승선 숙련도에 관한 비교평가를 위해, 진술한 바와 같이 3학년의 경우에는 본선에서 장기간의 승선생활 경험이 있지만, 1학년의 경우에는 승선 후 본선에 관한 기본교육만 받은 상태에서 실험을 시작하였다. 운항훈련선에서의 승선생활 숙련도에 의한 피난행동특성을 파악하기 위하여 설정한 3가지 시나리오를 Table 2에 정리하였다. 즉, 피난훈련 사실을 사전에 공지한 경우(시나리오 1), 그렇지 않은 경우(시나리오 2), 그리고 피난훈련 사실뿐만 아니라 시나리오 1에서 가장 통과자가 많았던 통로를 막은 사실도 공지하지 않은 경우(시나리오 3)의 피난행동특성을 실험하였다. 참고로, 피실험자의 선내 이동 특성을 파악하기 위해 운항실습선에 장착되어 있는 CCTV 이외에 별도로 19개의 CCTV를 하부 3개 데크에 설치하였으나, 본 논문에서는 이에 대한 분석은 수행하지 않았고, 시나리오 1의 수행과정에서 19개 CCTV 분석을 통해 내부 통로 중 Shelter deck에 있는 중앙로비의 사용률이 가장 높다는 사실을 파악하고, 이를 시나리오 3에서 차단한 이동경로 선정에 반영하였다.

Fig. 3 ~ Fig. 5는 본 실험이 수행된 운항실습선의 각 데크

에서 집합장소로의 피난경로를 표시한 것이다. 시나리오 1, 2의 경우에는 Fig. 4의 Second deck와 Main deck에 배정된 실습생들이 화살표로 표시된 다양한 각 경로를 거쳐 Fig. 3의 Shelter deck에 정해진 집합장소(Muster Station)로 이동할 수 있다. 시나리오 3의 경우에도 Fig. 5의 Second deck와 Main deck에 배정된 실습생들이 화살표로 표시된 각 경로를 거쳐 Fig. 3의 Shelter deck에 정해진 집합장소로 이동하는 다양한 경로를 선택할 수 있지만, 시나리오 1, 2와의 차이점은 Fig. 5의 Upper deck 중앙부에 있는 중앙로비를 실습생들이 통행할 수 없게 차단하여 다른 경로를 선택하게 만든 것이다.

Table 2 Contents of each scenario

	Contents
Scenario 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pre-announcement before evacuation trial</li> </ul>
Scenario 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Non pre-announcement before evacuation trial</li> </ul>
Scenario 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Non pre-announcement before evacuation trial</li> <li>• Non pre-announcement about one of massive-used routes being blocked</li> </ul>

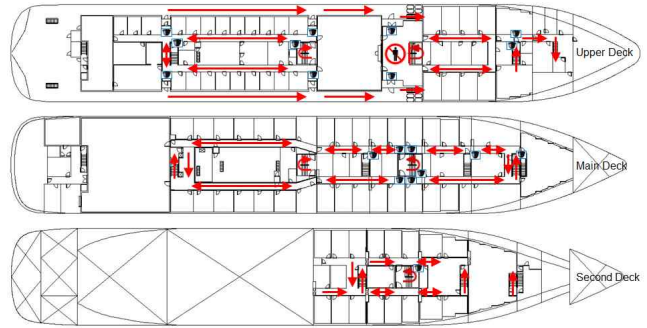


Fig. 5 Evacuation routes for scenario 3 of Second deck, Main deck and Upper deck

실험은 집합경보가 울린 이후 각 선실로부터 집합장소에 모이는 실습생의 이동시간을 측정하였으며, 집합장소로 접근할 수 있는 최종 통로는 Fig. 3의 Shelter deck의 좌현통로(A), 우현통로(B)와 Upper deck에서 올라올 수 있는 계단(C) 뿐이기 때문에 이 3곳에 CCTV를 설치하여 실습생 수와 경보 발령 이후의 도착시간을 측정하였다.

실험은 시나리오 1, 시나리오 2, 시나리오 3의 순서로 진행되었고, 학년별 각 시나리오 실험 사이에는 15분 이상의 임의 시간을 쉬게 하였다.

Fig. 6은 3학년과 1학년의 실험 중 이동과 집합 모습을 각각 보여주며, Fig. 7은 Fig. 3 ~ Fig. 5에 표시된 선내 각 CCTV 중 일부의 모니터링 장면을 보여준다.

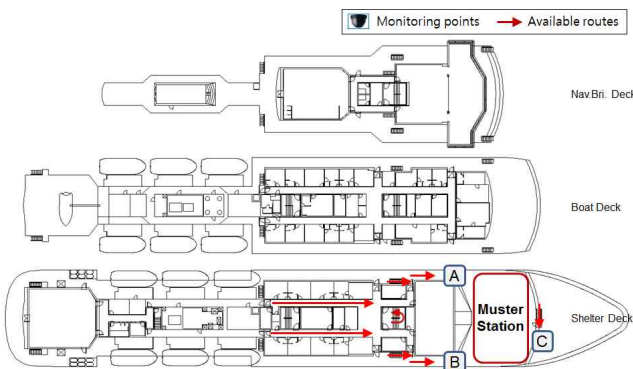


Fig. 3 Evacuation routes and muster station of Shelter deck, Boat deck and Navi. and Bridge deck

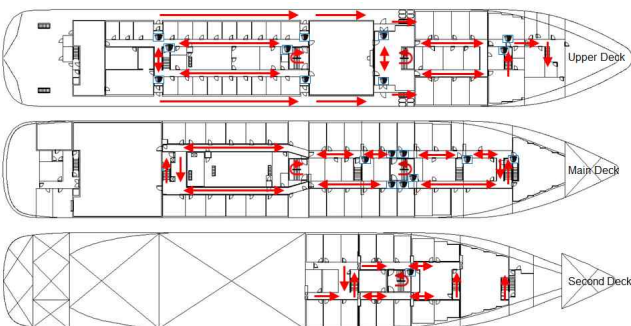


Fig. 4 Evacuation routes for scenario 1 and 2 of Second deck, Main deck and Upper deck



Fig. 6 Some photos of trials



Fig. 7 CCTV monitoring system

### 3. 실험결과 및 분석

#### 3.1 숙련도와 시나리오에 따른 실험결과와 분석

Fig. 8과 Fig. 9는 3학년과 1학년의 시나리오별 피난시간을 나타낸다. Fig. 8에서 3학년의 전체 피난시간은 정상적인 훈련 조건인 시나리오 1(총 피난시간 54초)에 비해, 사전공지를 하지 않은 시나리오 2(71초), 사전공지 없고 주요 통로를 차단한 시나리오 3(80초)의 순으로 집결시간이 느려졌다는 것을 보여 준다. 이 결과는 장기간의 승선생활을 통해 선내 구조에 익숙하여도 사전에 훈련받지 않고 익숙하지 않은 피난조건에 대해서는 대응능력이 저하된다는 것을 의미한다. 또한 Fig. 9는 본 운항훈련선에 처음 승선한 1학년의 시나리오별 피난시간을 정리한 것이다. 첫 승선이지만 선행된 시나리오 1(총피난시간 112초)을 통해 내부구조에 상대적으로 익숙해진 상황에서 수행된 시나리오 2(90초)의 피난시간은 짧아졌지만, 선내 이동경로의 다양성을 인지하고 있지 못하기 때문에 이동통로를 차단한 시나리오 3(121초)에서는 새로운 이동통로를 찾는데 더 많은 시간이 소요되었다.

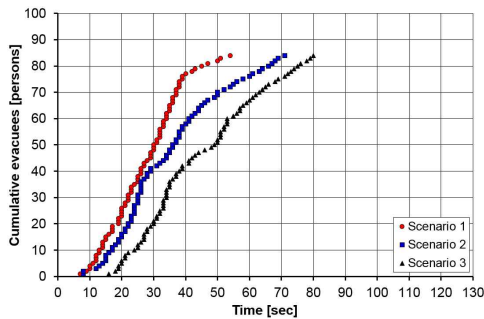


Fig. 8 Seniors' cumulative evacuation times according to scenarios

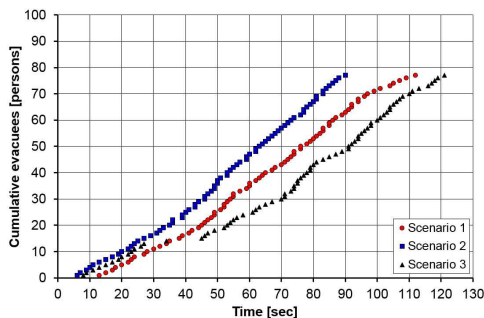


Fig. 9 Freshmen's cumulative evacuation times according to scenarios

한편, Fig. 10 ~ Fig. 12는 시나리오별 3학년과 1학년의 피난시간을 비교한 것이다. 모든 시나리오에서 총 피난시간은 3학년이 1학년보다 빠른 것으로 나타났다. 그러나 시나리오

1(Fig. 10)과 달리 시나리오 2의 15초 이전(Fig. 11), 시나리오 3의 23초 이전(Fig. 12)에는 1학년이 3학년보다 빠른 이동을 보여주고 있다. 이러한 현상이 초반에만 잠시 나타나고, 이후 시간대에 반전되는 현상이 발생하는 것은, 3학년의 경우 이동 시 선두의 피실험자가 비정상적인 전방 상황에 대해 동료에게 외침과 같은 방법으로 의사전달하여 상황인식을 공유하지만, 1학년의 경우에는 동료간의 의사전달 방법에 대하여 교육 및 훈련을 받지 않았기 때문에 동료간에 의사전달을 하지 않았고, 이로 인해 앞선 통과자의 잘못을 다음 통과자도 반복하는 상황이 다수 발생하였기 때문에 전반적인 피난시간이 느려졌음을 CCTV 모니터링 분석을 통해 확인 할 수 있었다.

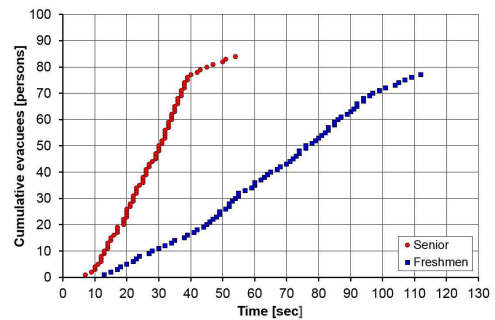


Fig. 10 Cumulative evacuation times of scenario 1

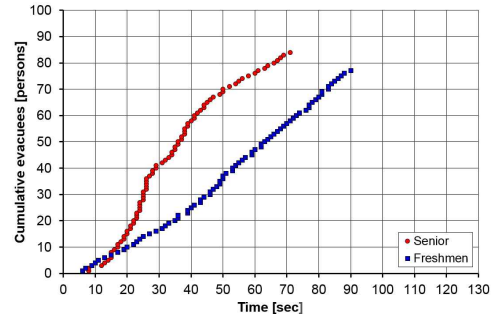


Fig. 11 Cumulative evacuation times of scenario 2

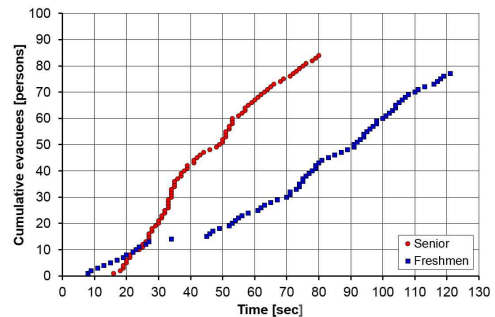


Fig. 12 Cumulative evacuation times of scenario 3

### 3.2 시나리오별 경로 선택

Fig. 13 ~ Fig. 15는 3학년의 시나리오별 실험 시 선택한 최종 통로별 피난자 수와 시간을 나타낸다. Fig. 13의 시나리오 1 실험에서는 좌현 통로(41명), 우현 통로(31명)의 사용자가 상대적으로 비슷하고 계단(12명) 사용자도 있지만, Fig. 14의 시나리오 2 결과에서는 좌현 통로 사용자가 56명, 우현 통로 사용자가 19명, 계단 사용자가 9명으로 좌현 통로 사용자가 전체 3학년 피실험자 중 67%에 이르며, 시나리오 3의 결과를 보여주는 Fig. 15에서는 3학년 피실험자 중 76.2%가 좌현 통로로 통과했음을 알 수 있다.

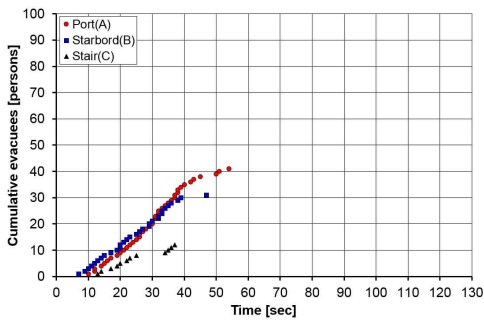


Fig. 13 Seniors' last evacuation routes to muster station for scenario 1

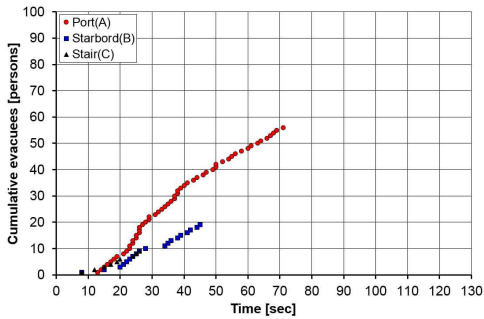


Fig. 14 Seniors' last evacuation routes to muster station for scenario 2

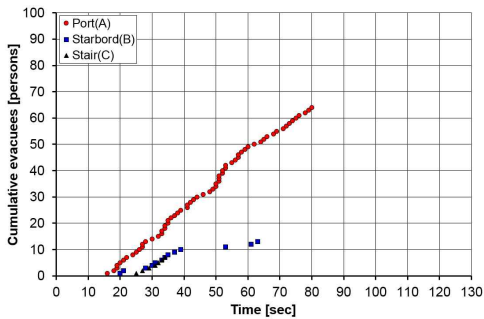


Fig. 15 Seniors' last evacuation routes to muster station for scenario 3

그러나 1학년 피실험자의 이동특성은 다른 결과를 보여준다. Fig. 16 ~ Fig. 18은 1학년의 시나리오별 실험 시 선택한 최종 통로별 피난자수와 시간을 나타낸다. 내부구조에 익숙하지 않아 Upper deck로부터 Shelter deck로 연결된 계단(C)을 이용한 피실험자는 모든 시나리오에서 한명도 없었다. 또한 시간의 차이는 있었지만 시나리오 1(70%), 시나리오 2(62%), 시나리오 3(61%) 모두 우현 통로 사용률이 높게 나타났다.

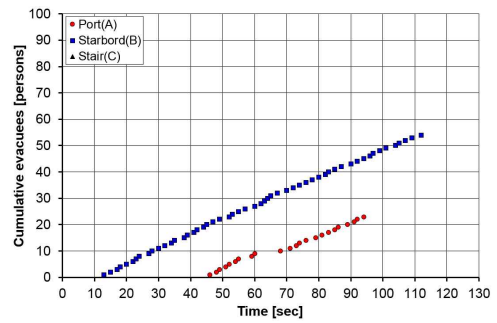


Fig. 16 Freshmen's last evacuation routes to muster station for scenario 1

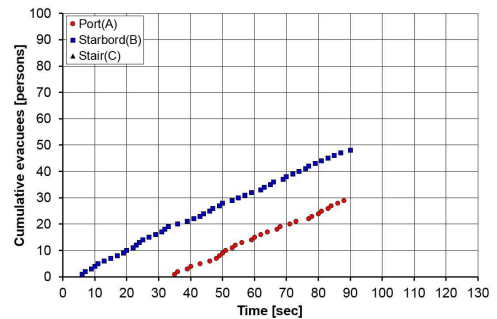


Fig. 17 Freshmen's last evacuation routes to muster station for scenario 2

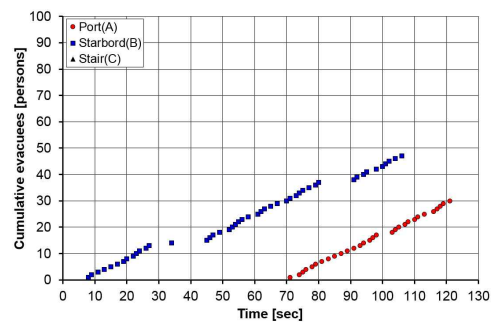


Fig. 18 Freshmen's last evacuation routes to muster station for scenario 3

육상의 실험에서 밝혀진 재난에 대응하는 인간의 피난경로 선택 특성에는 본인이 익숙한 길로만 피난하려는 귀소(歸巢) 성향이 있는데(Lee, 2007), 본 실험에서 취득된 Fig. 13 ~ Fig. 15와 Fig. 16 ~ Fig. 18의 한쪽 통로의 사용률이 높게 나타나

는 경로선택 특성 결과로부터 육상 피난행동특성에서 정의된 귀소성향이 선박 승선환경에서도 나타난다는 것을 알 수 있다. 이는 넓은 관점에서 볼 때 향후 여객선 승선객 등의 피난 예측 시 육상에서 밝혀진 인간의 피난경로 선택특성을 선박에서도 일부 활용할 수 있음을 의미하는 것으로 분석된다.

#### 4. 결 론

본 논문은 운항실습선의 승선생활 환경에 익숙한 3학년 84명과 승선생활이 생소한 1학년 77명이 2011년 11월 6일 ~ 7일간 부산과 울산을 왕복운항하는 항로에서 3가지 시나리오의 실험을 통해 승선생활 숙련도에 따른 각 피난행동특성을 비교 분석한 것이다. 피난실험 시나리오는 피난훈련 사실을 사전에 공지한 경우(시나리오 1), 그렇지 않은 경우(시나리오 2), 그리고 피난실험 사실뿐만 아니라 시나리오 1에서 가장 통과자가 많았던 이동경로를 차단한 사실도 공지하지 않은 경우(시나리오 3)로 설정하였다. 실험결과를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 승선생활에 익숙한 3학년의 피난시간은 정상적인 훈련조건인 시나리오 1(총 피난시간 54초)에 비해 시나리오 2(71초), 시나리오 3(80초)의 순으로 시간이 길어졌다. 이로부터 장기간의 승선생활을 통해 선내 구조에 익숙하여도 사전에 교육 혹은 훈련받지 않은 상황에 대한 대응능력은 상대적으로 낮아지기 때문에 승조원의 안전성 향상을 위해서는 다양한 재난대응 시나리오의 개발과 실전 교육이 필요하다고 판단된다.

둘째, 본 운항실습선에 처음 승선한 1학년의 경우, 선내 구조에 익숙하지 않아 이동통로를 차단한 시나리오 3에서는 새로운 이동통로를 찾기 위한 더 많은 시간이 소요되었다. 이 실험결과로부터 신규 승조원과 승객을 대상으로 한 초기 피난안전교육과 선내구조에 익숙한 기존 승조원에 의한 피난안전 유도 임무의 중요성을 확인할 수 있다.

셋째, 시나리오 2와 시나리오 3의 초반부에는 1학년이 3학년보다 빠른 이동을 보여주지만 이후 시간대에 반전되는 현상이 발생하였다. 이는 3학년의 경우에는 의사전달을 통해 동료와 상황인식을 공유하지만 1학년의 경우에는 동료간에 의사전달을 하지 않기 때문에 여러 사람들이 잘못된 경로를 선택하는 상황이 반복적으로 발생하기 때문이었다. 이는 재난상황과 그 전개과정에 대한 상황인식 공유가 전체 피난시간에 큰 영향을 미친다는 사실을 설명하는 것이다.

넷째, 시나리오별 실험 시 선택한 최종 통로별 피난자수 비율은 3학년의 경우 실험이 반복될수록 좌현 통로 사용률이 높고, 1학년의 경우 우현 통로의 사용률이 높게 나타났는데, 이는 본 실험에서도 재난에 대응하는 인간은 본인이 익숙한 길로만 피난하려는 귀소(歸巢)성향이 반영된 것임을 설명하는 것이다.

본 연구는 피실험자가 반복적으로 실험에 참여하는 과정 중에 선내 환경에 익숙해져 실험결과에 영향을 미칠 수도 있는 한계를 갖고 있기 때문에, 본 연구의 완성도를 높이기 위해

서 향후 여객선에서 다양한 연령대의 피실험자가 참여하는 피난교육 유효성에 관한 연구를 수행할 필요가 있다.

#### 후 기

이 논문은 2011년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No.2011-0029766).

#### References

- [1] Cho, K. H., Lee, et al.,(2007), Training ship HANBADA, Korea Maritime University, pp. 15-25.
- [2] Hwang, K. I.(2013), "An Experiment on Walking Speeds of Freshmen Unexperienced in Shipboard Life on a Passenger Ship", Journal of Korean Navigation and Port Research, Vol. 37, No. 3, pp. 239-244.
- [3] KCTI(Korea Culture & Tourism Institute, 2012), "Study of standardization proposal of Cruise Statistics", Korea Tourism Organization, p. 29.
- [4] Kim, H. T. et al.(2007), "Development of Collision Scenario-Based Evaluation System for the Cognitive Performance of Marine Officers", Journal of Navigation and Port Research, Vol. 34, No. 6, pp. 423-427.
- [5] KSA(Korea Shipping Association, 2013), "2013 Statistical Year book of Coastal Shipping", Korea Shipping Association, p. 6, p. 187.
- [6] Lee, K. H.(2007), Building Safety Planning, KUPress, pp. 105-135.
- [7] RINA(The Royal Institution of Naval Architects, 2012), SAFEGUARD Passenger Evacuation Seminar.
- [8] RINA(The Royal Institution of Naval Architects, 2014), International Conference Fire at Sea.
- [9] Yim, J. B.(2009), "Implementation Techniques for the Seafarer's Human Error Assessment Model in a Merchant Ship: Practical Application to a Ship Management Company" Journal of Korean Navigation and Port Research, Vol. 33, No. 3, pp. 181-191.

원고접수일 : 2014년 5월 12일

심사완료일 : 2014년 6월 2일

원고채택일 : 2014년 6월 16일